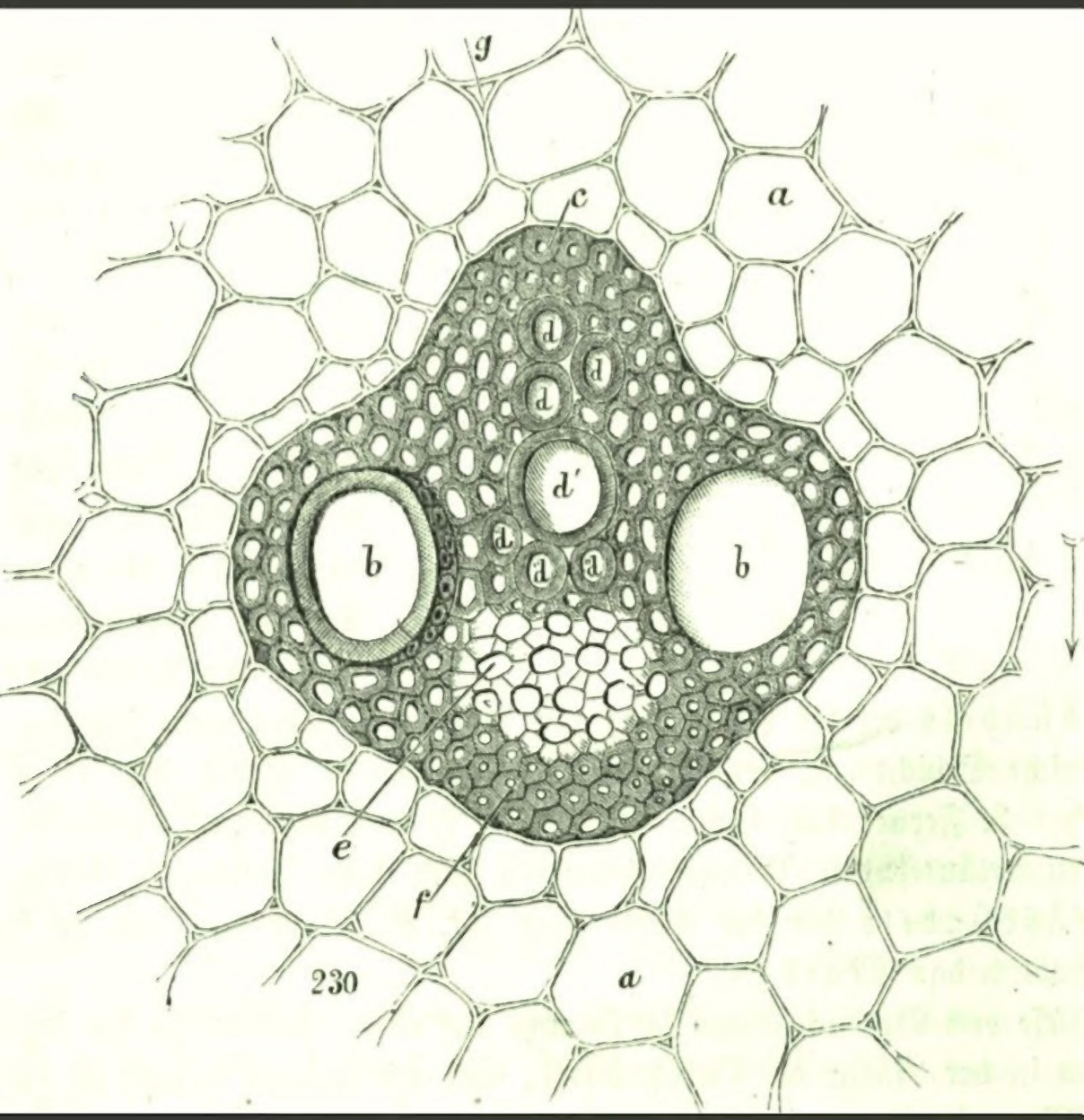
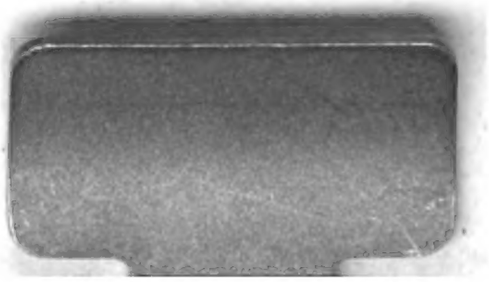


Encyclopädie der gesammten theoretischen ...

Matthias Jacob Schleiden, Ernst Ehrhard Schmid

Digitized by Google

152 P



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Encyclopädie

der gesammten theoretischen

Naturwissenschaften

in ihrer Anwendung auf die

Landwirthschaft,

umfassend

Physik, anorganische Chemie, organische Chemie, Meteorologie, Mineralogie, Geognosie, Bodenkunde, Düngerlehre, Pflanzenphysiologie, Thierphysiologie und Theorie des rationellen Ackerbaues.

Von

Dr. M. J. Schleiden und Dr. E. E. Schmid,

Professoren an der Universität zu Jena.

In drei Bänden.

Dritter Band.

Mit 500 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1850.

69.2.

Digitized by Google

Die Physiologie

der

Pflanzen und Thiere

und

Theorie der Pflanzencultur.

Für

Landwirthe bearbeitet

von

Dr. M. J. Schleiden,
Professor an der Universität zu Jena.

Mit 154 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1850.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Vorwort für den dritten Band.

Da ich mich über Inhalt und Methode des vorliegenden Werkes ausführlich in der Einleitung ausgesprochen habe, so genügt es hier in wenigen Worten noch einmal auf den Zusammenhang des Ganzen hinzuweisen. Die wichtigste Aufgabe für den Landwirth bleibt immer die Cultur der Pflanzen. Sie ist der eigentliche Kernpunkt, um welchen sich die ganze Landwirthschaft dreht. — Dieselbe läßt sich aber ohne Verbindung mit Viehzucht nicht denken, oder wenigstens in unsern Klimaten zu keiner irgend beträchtlichen Stufe der Vollkommenheit bringen. So ist eine eindringende Kenntniß des Lebens der Pflanzen und Thiere die wichtigste Aufgabe für das Studium des Landwirths. Pflanzen und Thiere, besonders aber die ersteren, sind unmittelbar abhängig vom Boden, auf welchem sie leben, und von den Naturkräften, welche auf sie einwirken; in ihnen sind es mehr oder weniger durch ihr eigenes Leben modificirte chemische Processe, durch welche die Stoffbildungen veranlaßt werden, um derentwillen wir vorzugsweise Pflanzen und Thiere cultiviren. Ohne Kenntniß der Physik, Chemie und der Bodenkunde im weitesten Sinne des Wortes ist also ein Verständniß des Thier- und Pflanzenlebens nicht zu erlangen. So rechtfertigen sich die beiden ersten Bände dieses Werkes und die beiden ersten Bücher des dritten Bandes. In mannigfacher Beziehung weicht aber das Leben der Culturpflanzen und seine Bedingungen von dem der wildwachsenden Pflanzen ab; diese Abweichungen im Allgemeinen zu erklä-

Digitized by Google

ren und unter Geſetze zu ordnen, alſo die theoretiſchen Grundſätze der Pflanzencultur zu entwickeln, iſt denn die beſondere Aufgabe des dritten Buches des dritten Bandes, gleichſam der Brennpunkt, in welchem alle Strahlen zuſammenlaufen. Möge es mir gelungen ſein hier alles in das möglichſt helle Licht zu ſetzen.

Jena, im Juni 1850.

Dr. M. J. Schleiden.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Einleitung 1
Ueber den Gebrauch des Mikroskops 9

Erstes Buch.
Pflanzenphysiologie.

Einleitung 19

Erster Abschnitt.
Die Physiologie der Pflanzenzelle.

I.

§. 1. Die vollkommene Zelle 24

II.

» 2. Die Wand der Zelle 27

III.

» 3. Der Inhalt der Pflanzenzelle . . . . . —
» 4. A. Die stickstoffhaltige Auskleidung 28
» 5. B. Der flüssige in Wasser aufgelöste Inhalt der Zelle . . . 30
» 6. C. Der feste oder doch nicht in Wasser gelöste Inhalt der Pflanzenzelle 31
» 7. a. Die stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe 32
» 8. b. Das Stärkemehl 33
» 9. c. Pflanzengallerte und Pectin 37
» 10. d. Inulin . . . . . —
» 11. e. Fette Oele 38
» 12. f. Flüchtige Oele, Harz, Wachs . . . . . —
» 13. g. Farbestoffe . . . . . —
» 14. h. Krystalle 39

IV.

» 15. Veränderung der Pflanzenzelle 40
» 16. A. Veränderungen der Zelle durch Ausdehnung der ursprünglichen Zellwand 41

Digitized by Google

§. 17. B. Veränderungen der Zelle durch Ablagerung neuer Schichten auf ihre Wand . . . . . Seite 42
» 18. C. Veränderung der Zellenwand durch chemische Processe . . 47

Zweiter Abschnitt.

» 19. Zusammensetzung der ganzen Pflanze aus den verschiedenen Zellenformen 51

I.

» 20. Die Oberhaut 52

II.

» 21. Die Gefäßbündel 56
» 22. 1. Primäre Gefäßbündel 58
» 23. 2. Das Holz 63
» 24. 3. Das Bildungsgewebe 65

III.

» 25. Das Füllgewebe 71

IV.

» 26. Rückblick und Uebersicht des Baues der wichtigsten bei uns vorkommenden landwirthschaftlichen Culturpflanzen 72
1. Einsamenlappige Pflanzen . . . . . —
2. Zweisamenlappige Pflanzen 73

Dritter Abschnitt.

» 27. Das Leben der ganzen Pflanze 75

I.

» 28. Periode des Keimens 76
» 29. A. Bau der zur Vermehrung bestimmten Theile, des reifen Samens, der Knospen und Knollen . . . . . —
» 30. 1. Samen 77
» 31. a. Samen der Gräser und Getreidearten 78
» 32. b. Samen der Lauch- und Zwiebelarten 80
» 33. c. Samen der Hülsengewächse und Kohlpflanzen . . . 81
» 34. d. Samen des Leins, Hanfs und der korbblüthigen Pflanzen 83
» 35. e. Samen der Doldengewächse 84
» 36. f. Bau der Knollen . . . . . —
» 37. B. Bedingungen des Keimens 86
» 38. Reife und normaler Zustand des Samens . . . . . —
» 39. Zeit der Einsaat 87
» 40. Luft, Licht, Boden und Feuchtigkeit 89
» 41. Temperatur 91
» 42. C. Erscheinungen des Klimas . . . . . —
» 43. Bildungsvorgänge 92
1. Keimung des Hafers . . . . . —
» 44. 2. Keimung der Feldbohne 93
» 45. 3. Keimung des Rapses 95
» 46. 4. Keimung des Leins 96
» 47. 5. Keimung der Kartoffel 97
» 48. Richtung von Würzelchen und Stengel . . . . . —
» 49. Chemische Vorgänge beim Keimen 98
Die erste Periode . . . . . —
» 50. Die zweite Periode 99
» 51. Die dritte Periode 104

Digitized by Google

II.

			Seite
§. 52.		Periode des Wachsens	105
» 53.	A.	Ueber die Saftbewegung in der Pflanze	108
» 54 u. 55.		a. Saftaufnahme, Endosmose	109
» 56.		b. Fortbewegung des Saftes in der Pflanze. Gefäßbündel	115
» 57.		c. Austritt der Flüssigkeiten aus der Pflanze, Absonderungsschicht der Oberhaut, Intercellularsubstanz. Verdunstung	116
» 58.		Einfluß d. Temperatur, d. Luftdrucks, d. Luftfeuchtigkeit	119
» 59.		Menge des ausgedunsteten Wassers	121
» 60.		d. Aeltere Ansichten	123
» 61.	B.	Ernährung der Pflanze	124
» 62.		a. Die organischen Elemente	—
» 63.		b. Die unorganischen Elemente	127
» 64.		c. Die Organe der Aufnahme	133
» 65.	C.	Die Aneignung der Nahrungsstoffe	136
» 66.		a. Uebergang unorganischer Verbindungen in organische Stoffe	—
» 67.		b. Ueber die Ausscheidung und Aufnahme von Gasarten durch die Pflanzen	149
» 68.	D.	Der Gestaltungsproceß	152
» 69.	E.	Aeußere Bedingungen der Vegetation	153
» 70.		a. Der Boden	154
» 71.		b. Die Atmosphäre	159
» 72.		c. Die Wärme	160
» 73.		d. Das Licht	169
» 74.		e. Die Elektricität	171

Anhang.

» 75.		Ueber einige besondere Arten der Zellenbildungsprocesse in der Pflanze, sowie über ächte und unächte Schmarotzer	172

III.

» 76.		Periode der Fortpflanzung	178
» 77.	A.	Von der regelmäßigen Fortpflanzung	183
» 78.		Die bei verschiedenen Pflanzen vorkommend. Verschiedenheiten	189
» 79.	B.	Knospenbildung im Allgemeinen	191
» 80.		Brutknospen	192
» 81.		Künstliche Vermehrung durch Knospen	195
» 82.	C.	Verhältniß beider Fortpflanzungsarten zu einander	197
» 83.	D.	Verhältniß der Fortpflanzungsarten zur Erhaltung der Art	198

Zweites Buch.

Physiologie der Thiere.

Einleitung 203

Erster Abschnitt.

Allgemeine Betrachtung des Baues und der Lebensvorrichtungen der Hausthiere.

I.

§. 84. Ueber Zusammensetzung des Thierkörpers im Allgemeinen . . . 207

Digitized by Google

			Seite
§. 85.	A.	Aggregatzustände	207
» 86.	B.	Elementartheile	211
» 87 u. 88.		a. Zellen	212
» 89.		b. Fasern	215
» 90.		c. Röhren	216
» 91.	C.	Chemische Zusammensetzung	218
» 92.		a. Stickstoffreiche Verbindungen	—
» 93.		b. Stickstofffreie Bestandtheile	220

II.
Anatomisch-physiologischer Ueberblick.

» 94.	A.	Das Knochensystem	222
» 95.	B.	Muskeln	228
» 96.	C.	Das Gefäßsystem	233
		1. Das Blutgefäßsystem	235
» 97.		a. Anatomische Verhältnisse	—
» 98.		b. Physiologische Verhältnisse	238
» 99.		2. Das Lymphgefäßsystem	241
» 100.	D.	Das Hautsystem	243
» 101.		1. Aeußere Haut	245
» 102.		Schweißorgane	247
» 103.		Haare, Wolle	248
» 104.		2. Schleimhaut	253
» 105.		Kopftheil des Schleimhautsystems	255
» 106.		Brusttheil des Schleimhautsystems	—
» 107.		Bauchtheil des Schleimhautsystems	256
» 108.		Harn- und Geschlechtssystem	257
		3. Besondere Betrachtungen der aus der Schleimhaut gebildeten Eingeweide	260
» 109.		a. Der Speisecanal	—
» 110.		b. Die drüsenartigen Eingeweide	263
» 111.		4. Lebenserscheinungen der dem Schleimhautsystem angehörigen Eingeweide	265
» 112.		1) Athmungsbewegung	265
» 113.		2) Ernährungsproceß	266
» 114.		3) Harnausscheidung	267
» 115.		4) Fortpflanzung	—
» 116.	E.	Die Blutdrüsen	269
» 117.	F.	Das Nervensystem	270
» 118.		1. Bau des Nervensystems	271
» 119.		2. Allgemeine Bemerkungen über die Thätigkeit des Nervensystems	275
» 120.		3. Von den Sinnesorganen	281
» 121.		Das Gehör	282
» 122.		Das Gesicht	283
» 123.		4. Vom Seelenleben der Thiere	285

III.
Theorie der Ernährung.

» 124.		Allgemeiner Ueberblick	287
» 125.	A.	Die Ernährung des naturgemäßlebenden erwachsenen Thieres	293
» 126.		a. Der Athmungsproceß	298
» 127.		b. Das Verhältniß der organischen und unorganischen Substanzen beim Ernährungsproceß	299
» 128.		c. Ueber die innern Vorgänge der Ernährung	301
» 129.	B.	Verschiedenheit der Ernährung der Fleischfresser und Pflanzenfresser	304

Digitized by Google

		Seite
§. 130.	C. Verschiedenheit der Ernährung nach verschiedenen Zwecken.	306
» 131.	a. Ernährung des Arbeitsviehes	—
» 132 u. 133.	b. Ernährung des Mastviehes	—
» 134.	c. Ernährung des Milchviehes	308
» 135.	d. Ernährung des Zuchtviehes	309
» 136—140.	D. Ueber die Auswahl der Nahrungsmittel	310
	Tabelle über die Nahrungsaequivalente	318

Drittes Buch.

Die Theorie der Pflanzencultur.

» 141—143.	Einleitung	319

Erster Abschnitt.

Die Culturpflanzen.

Erstes Capitel.

» 144—151.	Charakteristik der Culturpflanze	323

Zweites Capitel.

» 152.	Die Ernährung der Culturpflanzen.	331
» 153—156.	A. Allgemeine Betrachtung der Ernährung der Culturpflanzen	—
» 157—160.	B. Ueber die Aufnahme des Kohlenstoffs durch die Culturpflanzen	337
» 161—165.	C. Die Aufnahme des Stickstoffs	341
» 166.	D. Aufnahme von Phosphor und Schwefel	346
» 167—172.	E. Aufnahme der unorganischen Bestandtheile . .	—

Drittes Capitel.

» 173 u. 174.	Abhängigkeit der Culturpflanzen von äußeren Verhältnissen	357

Zweiter Abschnitt.

Die Culturmethoden.

» 175.	Einleitung	360

Erstes Capitel.

Uebersicht aller der Verhältnisse, von denen das Gedeihen der Culturpflanzen abhängt.

» 176.	I. Verhältnisse, welche nicht in der Gewalt des Menschen liegen	361
» 177 u. 178.	A. Das Klima	—
» 179—182.	B. Die Atmosphäre	364
» 183—186.	C. Die geognostische Grundlage des Culturbodens .	368
» 187.	II. Verhältnisse, welche ganz in der Gewalt des Menschen liegen.	370
	A. Physikalische Eigenschaften der Akerkrume . . .	—
» 188 u. 189.	a. Masse und Aggregatzustand	—
» 190 u. 191.	b. Erwärmungsfähigkeit und wärmehaltende Kraft des Bodens	372
» 192 u. 193.	c. Absorption von Gasarten	373

Digitized by Google

		Seite
§. 194.	d. Vermögen der Wasseraufnahme und wasserhaltende Kraft des Bodens	376
» 195.	B. Chemische Eigenschaften des Bodens	377
» 196—200.	a. Verbindungsformen der unorganischen Stoffe im Boden	—
» 201.	b. Die chemischen Bestandtheile des Bodens in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften desselben	379
	Zweites Capitel.	
» 202.	Untersuchung über die Wirkung der menschlichen Thätigkeit bei der Cultur der Pflanzen	381
» 203.	A. Kenntniß der Culturpflanzen	382
» 204 u. 205.	B. Kenntniß des Bodens. (Bonitiren)	384
» 206—212.	C. Bodenbearbeitung	387
» 213—215.	D. Brache	392
» 216—219.	E. Düngung	394
	I. Vom Dünger in Allgemeinen.	
» 220.	A. Der Dünger als Nahrungsstoff für die Pflanzen	401
» 221.	a. Die unorganischen Bestandtheile der Düngersubstanzen	—
» 222.	1) Die Phosphorsäure	402
» 223.	Düngeversuche von Hermbstädt	403
» 224.	» » Kuhlmann	409
» 225.	2) Die Alkalien	412
» 226.	3) Der Kalk	—
» 227.	4) Eisen, Talkerde, Schwefelsäure, Salzsäure	413
« 228.	5) Kieselerde	414
» 229—231.	b. Organische Stoffe	415
» 232.	B. Der Dünger in seinem Verhältniß zu den physikalischen Eigenschaften des Bodens	419
	a. Die absorbirenden Eigenschaften des Bodens	—
» 233.	b. Die übrigen physikalischen Eigenschaften des Bodens	420
» 234.	II. Von den einzelnen Düngesubstanzen insbesondere	—
» 235—237.	1) Düngesubstanzen mit Gehalt an organischen Stoffen	421
» 238—241.	2) Unorganische Düngemittel (§. 240 Quellwasser).	429
» 242.	F. Trockenlegung des Bodens	432
» 242—280.	G. Wechselwirthschaft	434
	Erster Anhang.	
	Beurtheilung der Schrift: Thaer oder Liebig? von F. G. Schulze	456
	Zweiter Anhang.	
	Ueber die Krankheiten der Culturpflanzen, insbesondere die Kartoffelkrankheit	468
	1) Allgemeine Bemerkungen über die Kartoffelkrankheiten	—
	2) Besondere Darstellung der Kartoffelkrankheit	470
	3) Ueber das chemische Verhalten der kranken Kartoffeln	471
	4) Krankheiten der Culturpflanzen überhaupt	473
	5) Von der Kartoffelkrankheit insbesondere	478
	6) Voraussage und Mittel zur Abhülfe	484

Digitized by Google

Einleitung.

Die Landwirthschaft läßt sich von verschiedenen Gesichtspunkten auffassen und demnach wird die Bestimmung dessen, was man als das Charakteristische derselben ansieht, sehr verschieden ausfallen. Natürlich wird sich aber auch in Folge dessen das Urtheil über das, was dem Landwirth zu wissen noth thut, ganz anders stellen müssen. Der höchste Standpunkt der Beurtheilung ist ohne Zweifel der, wenn man den Landwirth als ein sehr wichtiges Glied des Staatsverbandes auffaßt und in Folge dessen sein Verhältniß als Grundbesitzer zum Staate und die Bedeutung seines Geschäftes im Ganzen der Nationalökonomie in den Vorgrund stellt. Die niedrigste Stufe weist man dagegen dem Landmanne an, wenn man ihn nur als einen auf Geldgewinn ausgehenden Gewerbtreibenden beurtheilt. Zwischen beiden Beurtheilungsweisen gleichsam in der Mitte steht noch eine andere, in der man den Landwirth als Künstler beurtheilt, d. h. als einen Mann, der theoretisches Wissen zur Erreichung gewisser Zwecke im Leben praktisch anwenden soll. Dies letztere ist wohl das, was man vorzugsweise bei dem Worte Landwirth und Landwirthschaft gewöhnlich im Auge hat und nur in diesem Sinne kann von einer Anwendung der Naturwissenschaften auf die Landwirthschaft die Rede sein, nur in diesem Verstande ist das Wort Landwirthschaft zu nehmen, wenn es in gegenwärtigem Werke gebraucht wurde.

Auf jeden Fall ist das Verhältniß des Künstlers im Landwirthe der Cardinalpunkt, um den sich Alles dreht. Nur insofern er als Künstler seine Zwecke mehr oder weniger vollkommen erreicht, greift er auf der einen Seite wesentlich in das Gebiet der Nationalökonomie ein, ist er auf der

anderen Seite befähigt, von seiner Thätigkeit den gewünschten Privatvortheil zu ziehen.

Es ist immer nur zum Nachtheil der Landwirthe, ihrer wahren Bildung und somit auch ihres eigenen Vortheils geschehen, wenn man jene drei sehr verschiedenen Standpunkte nicht gehörig von einander gesondert hat, und insbesondere hat die daraus entstehende Verwirrung der Begriffe schädlich auf die Beurtheilung dessen eingewirkt, was der Landwirth zu seiner künftigen Ausbildung zu lernen habe. Die alte triviale Frage nach den Reinertrag ist die Ursache, weshalb eben der Reinertrag noch so häufig hinter dem möglich zu erreichenden zurückbleibt. Wer bei dem, was er lernt, nur danach fragt, ob es den größten Vortheil im Leben bringen werde, wird nie etwas Rechtes lernen und deshalb auch im Leben stets hinter dem, der Tüchtiges gelernt hat, zurückbleiben.

Diese Ansicht ist aber noch genauer auseinanderzulegen, weil davon die Beurtheilung dessen abhängt, was man im gemeinen Leben praktisches Wissen nennt, um welches es ja doch dem sich bildenden Landwirth ganz besonders zu thun ist. —

Wollte ein angehender Kaufmann fragen, wenn er neuere Sprachen, Geographie, höhere Rechnenkunst u. s. w. lernen soll: „Wie viel Procente Reinertrag wirft die Geographie ab?" so würde ihn Jeder mit Recht auslachen und gleichwohl machen es gar viele Landwirthe nicht anders, nicht besser. Dem Kaufmann wie dem Landwirthe muß man nämlich antworten: »Der Reinertrag, der pecuniäre Vortheil, der dir erwachsen soll, ist dir durch gar keine Lehre, keine Vorschrift, kein Recept zu sichern, sondern ganz und gar von deiner klugen Benutzung der an jedem Orte, zu jeder Zeit anderen Verhältnisse und Umstände abhängig. Die dazu nöthige Klugheit, das sogenannte Speculationstalent kann dir aber kein Lehrer auf der ganzen Welt geben, und wer es verspricht, dich darin zu unterrichten, macht sich nur über deine Einfalt lustig; das ist Talent, Beruf, hier wie auf jedem anderen Gebiete des menschlichen Lebens. Aber bei allem Speculationstalent wirst du nicht im Stande sein, von den Umständen Vortheil zu ziehen, sie richtig zu benutzen, wenn du dir nicht vorher gründliche Kenntnisse über die in Frage kommenden Verhältnisse erworben und dich dadurch in den Stand gesetzt hast, diese Verhältnisse im Einzelnen, in ihren mannichfach wechselnden Erscheinungen im Leben richtig beurtheilen zu können.« Wir müssen also zunächst feststellen, daß die Bedeutsamkeit irgend einer Lehre für den Landwirth gar nicht davon abhängt, ob darin die Frage nach dem pecuniären Ertrag mehr oder weniger besprochen wird, daß vielmehr die allerwichtigsten Kenntnisse gerade die sein werden, bei denen zunächst das Geldinteresse gar nicht erwähnt wird und erwähnt werden kann.

Digitized by Google

Hier kommt aber noch etwas Anderes zur Sprache, ein Verhältniß, dessen falsche Beurtheilung größtentheils die Schuld trägt, daß die Landwirthschaft, zumal die deutsche, und nicht minder die ihr in gewisser Weise nahe verwandte praktische Medicin auf einem verhältnißmäßig noch so niedrigen Standpunkte stehen. Man verlangt, daß die Kenntnisse, die der Landmann sich erwirbt, »praktische« Kenntnisse seien, daß die Lehren, welche ihm vorgetragen werden »praktisch« seien. Aber was praktische Lehren, praktische Kenntnisse seien, läßt man entweder ganz unerörtert oder beantwortet die Frage sehr schief, weil man auch hier allerhand sehr verschiedene Verhältnisse zum großen Nachtheil der Sache mit einander zusammenwirft und verwirrt. Bleiben wir zuerst bei der Frage stehen: was sind practische Kenntnisse? so tritt uns hier das allgemein thatsächlich bestehende Vorurtheil entgegen (bestimmt ausgesprochen wird es freilich nicht), daß das praktische darin sich zeige, daß die Kenntnisse der naturwissenschaftlichen Lehren, welche der Landwirth sich zu erwerben habe, eine gewisse oberflächliche Allgemeinheit haben müssen, daß man die Resultate von den Wissenschaften gleichsam abschöpfe und so dem Lernenden darbiete. Der Erfolg eines so verkehrten Verfahrens ist der, den wir täglich wahrnehmen, daß nämlich der denkende praktische Landwirth mit Achselzucken von der sogenannten Wissenschaft als einer für ihn völlig unnützen sich abwendet, und daß dieser Bastard den ächten, edlen Sprößling um seinen Ruf bringt. Wenn wir dagegen praktische Kenntnisse solche nennen, deren Anwendung im Leben uns sicher den gewünschten Erfolg verbürgt, und verständiger Weise können wir wohl nichts Anderes darunter verstehen, so folgt daraus mit Nothwendigkeit auch der andere Satz, daß nur gründliche Kenntnisse in irgend einem Zweige wahrhaft praktisch sein können. Daß Chemie, Physik und drgl. mehr von so vielen Landwirthen als sehr unpraktisch verworfen werden, liegt wahrlich nicht an diesen so äußerst praktischen Wissenschaften, sondern an der erbärmlichen Oberflächlichkeit und Unwissenschaftlichkeit, mit der diese Zweige des menschlichen Wissens auf den meisten landwirthschaftlichen Instituten gelehrt werden. Diese Chemie, diese Physik, diese Pflanzenphysiologie sind freilich in ihrer geistlosen Seichtigkeit völlig unpraktisch und ich gehe noch weiter, als die meisten Landwirthe selbst, indem ich eine solche Beschäftigung für eine unverantwortliche Zeitvergeudung ansehe, die durch keinen Nutzen aufgewogen, aber durch eine Menge schiefer und halber Urtheile und Ansichten, die dem Lernenden eingepfropft werden, doppelt verderblich wird. Wer als Landwirth sich rationell ausbilden will, und nicht wenigstens ein ganzes Jahr ausschließlich und mit allem Ernst dem Studium der Physik, Chemie und Physiologie widmen kann oder will, der thut bei weitem besser, überall keine naturwissenschaftlichen Stu-

Digitized by Google

dien zu treiben, denn die darauf gewendete Zeit ist ihm rein verloren. Aber mit derselben Gewißheit kann man auch behaupten, daß wer ein oder anderthalb Jahre sich mit unnachlässigem Eifer dem Studium jener drei Lehren hingiebt, daraus mit gediegenerer Bildung und mit praktischeren Kenntnissen für seinen zukünftigen Beruf hervorgehen wird, als wenigstens $^2/_3$ aller Derer, die jetzt auf landwirthschaftlichen Instituten zu oberflächlichen Halbwissern verbildet werden, indem uneingedenk der alten weisen Lehre »non multa sed multum«, daß es nämlich besser sei, Eins gründlich zu treiben, als von Vielem Etwas, die Zahl der Lehrgegenstände fast ebenso groß ist, als die Zahl der Stunden.

Wenn man mir nun zugiebt, daß gründliches Wissen dasjenige sei, welches erstrebt werden müsse, so fragt sich doch noch wiederum, was verstehen wir denn in den Naturwissenschaften unter gründlichen Kenntnissen? und ich antworte ganz einfach: Kenntniß der Dinge, der Gegenstände, ihrer Eigenschaften und Kräfte, nicht aber Kenntniß der Worte, der Bücher. So klar das auch scheint, so gern mir Jeder zugeben wird, daß eine gründliche Kenntniß in der Botanik eine Kenntniß der Pflanzen selbst sein müsse, so wenig ist doch dieser Satz in der Wirklichkeit anerkannt und angewendet. Um es nämlich kurz zu sagen, Naturwissenschaften lassen sich niemals gründlich, d. h. so daß man brauchbare Anwendung davon im Leben machen könnte, aus Büchern oder aus Vorträgen eines Lehrers lernen. Man kann wohl auswendig lernen, was der Lehrer dictirt, was im Buche steht, es ist aber eben auch nur »auswendig«. Begreifen, verstehen, sich geistig aneignen wird man das Gehörte, Gelesene erst dann, wenn man selbst chemisch operirt, selbst physikalisch experimentirt, selbst Pflanzen zerlegt, untersucht und beobachtet hat. Zu allem diesem kann ein guter Lehrer wohl die Anleitung geben, die vor Um- und Irrwegen schützt, die schneller und sicherer dem Ziele zuführt, aber nie und nimmer kann irgendwo und wie der Vortrag des Lehrers oder das Buch die eigene Anschauung und die eigene Thätigkeit ersetzen. Wer nicht selbst in der Chemie, in der Pflanzenuntersuchung gearbeitet, dem bleibt Alles, was er darüber hört und liest, stets eine völlig fremde und unverständliche Sprache, die er oft auf die lächerlichste Weise mißversteht; das Unbedeutendste: ein Bindewort, ein Geschlechtswort, ein Fragezeichen sieht er für etwas Wichtiges, Wesentliches an, und die bedeutungsvollsten Hauptwörter überhüpft er, weil er ihren Sinn nicht ahnet. In derselben Weise wie die beiden ersten Bände dieses Werkes nur eine Anleitung sein können und sollen, wie man sich durch Versuche und Beobachtungen auf die leichteste und sicherste Weise in den Besitz der dort behandelten Lehren setzen könne, ebenso muß ich auch bei dieser meiner Aufgabe es als dringende Ermahnung voranstellen, daß Niemand glauben möge, nach dem noch so eifrigen

Digitized by Google

Durchstudiren dieser Schrift wirklich eine Einsicht in die Pflanzenphysiologie gewonnen zu haben, wenn er nicht gleichzeitig eigene Beobachtungen angestellt, selbst Untersuchungen gemacht hat. Zu dem Ende habe ich denn auch einen kurzen aber möglichst klaren Unterricht über den zweckmäßigen Gebrauch des Mikroskopes von Seiten des studirenden Landwirthes der eigentlichen Pflanzenphysiologie selbst vorangeschickt.

Aber die Frage nach dem, was praktische Lehren für den Landmann seien, umfaßt außer dem eben Erörterten noch etwas Anderes, welches in der Regel damit zusammengeworfen wird und gleichwohl gar nichts damit zu thun hat, vielmehr ganz anderen Beurtheilungen unterliegt. — Da die Ausbildung des Landwirthes ihm gewöhnlich keine Zeit läßt, in vollständigem Cursus seine Schulstudien zu absolviren, so verlangt man, indem man praktische Vorträge für ihn fordert, auch zugleich eine sogenannte populäre Behandlung der Wissenschaften.

Da diese Anforderung in unserer Zeit allgemein in weiteren Kreisen gestellt wird und gar mancherlei Mißverständnisse dabei mit unter laufen, so ist es gewiß nicht am unrechten Orte, hier einige Worte darüber zu sagen. Das Verlangen nach Popularität der Wissenschaft ist an sich ein vollkommen gerechtfertigtes. Die Wissenschaft soll Eigenthum und Gemeingut der ganzen Menschheit sein oder doch werden, nicht aber eine Geheimlehre, welche nur den wenigen Eingeweihten einer gewissen Kaste zugänglich ist, und die Menschheit hat deshalb ein Recht, von den Männern der Wissenschaft zu fordern, daß sie alles dasjenige von der Wissenschaft entfernt halten oder daraus ausmerzen, was den übrigen Menschen den Zugang zu derselben unmöglich macht oder auch nur erschwert. Daher zunächst die Anforderung, der jetzt fast allgemein entsprochen wird, daß Werke der Wissenschaft nicht in einer fremden, todten Sprache, sondern in der lebendigen Sprache des Vaterlandes erscheinen. Daher die Anforderung, daß die Schreibart selbst eine reine und klare und von unnützem, fremder Sprache entlehntem terminologischen Namenwust frei sei. Diesen Anforderungen suchen jetzt die besseren unter den Schriftstellern aller Nationen mehr und mehr nachzukommen, wobei sich leider aber nicht in Abrede stellen läßt, daß wir Deutschen darin im Ganzen noch am meisten zurück sind.

Dagegen beruht eine andere Anforderung, die man noch an Popularität wohl zu machen pflegt, auf einem gewaltigen Mißverständnisse. Man meint nämlich, eine Wissenschaft müsse sich für den Laien so mundgerecht und bequem zubereiten lassen, daß er ohne Mühe und Geistesanstrengung sich dieselbe in Kurzem zu eigen machen könne. Dieses Ansinnen ist geradezu als ein albernes zu bezeichnen. Wer irgend etwas in

Digitized by Google

der Welt wissen will, muß es lernen, und ein ganzes System von Kenntnissen, eine Wissenschaft kann man Niemandem durch einen Nürnberger Trichter einfüllen. Wer solcher Kenntniß bedarf, wer sie im Leben anwenden will, darf auch die geistige Anstrengung nicht scheuen, welche unerläßlich ist, wenn er sich dieselbe zu eigen machen und gründlich in sie eindringen will. Man hat täglich Gelegenheit zu beobachten, welche traurige Erscheinungen und Thorheiten daraus hervorgehen, wenn Jemand ohne tieferes Wissen in einem Fache nur die fertigen Resultate desselben auffaßt und dann meint, über dasselbe mitsprechen zu können. Von den Abgeschmacktheiten eines Herrn von Drieberg bis zu den Bewohnern der Irrenhäuser, die über der Quadratur des Zirkels oder dem Perpetuum mobile den Verstand verloren, haben wir eine Reihe theils lächerlicher, theils trauriger Erscheinungen, welche alle demselben Grundirrthum ihre Entstehung verdanken. Jede Wissenschaft muß man in ihrem ganzen Umfange und in ihrem inneren Zusammenhange in sich aufnehmen, wenn sie uns aufklären und bilden, uns im Leben nützen und nicht viel mehr uns verwirren, in Irthum stürzen, und in der Anwendung zu unzähligen Mißgriffen verleiten soll. So wenig wie man irgend eine Sprache gründlich erlernen kann, ohne das A, B, C und die Sprachlehre sich angeeignet zu haben, ebenso wenig ist es möglich, sich mit irgend einem Zweige der Naturwissenschaften so vertraut zu machen, daß man die einzelnen Sätze versteht, darüber mitsprechen und dieselben im Leben anwenden kann, wenn man nicht die ersten Elemente dieser Lehre vollkommen beherrscht und von diesen aus Schritt vor Schritt weitergegangen ist. Nur auf diese Weise gewinnt man den sicheren Ueberblick, nur auf diese Weise sieht man ein, daß alle Resultate sicher dastehen und auf welche Weise sie gestützt sind, nur auf diese Weise gewinnt man den sicheren allein praktischen Standpunkt, von welchem aus man beurtheilen kann, ob dieser oder jener Satz vollkommen begründet ist oder nicht, und man kommt nicht in den Fall, der sich noch täglich bei Landwirthen ereignet, daß man eine vollkommen begründete und festgestellte Lehre verwirft, weil sie neu und ungewohnt erscheint, und dagegen eine ganz unhaltbare Träumerei für wahr annimmt und zu eigenem Schaden seine Handlungen dadurch bestimmen läßt, weil diese Träumerei etwa mit einem althergebrachten Vorurtheil übereinstimmt.

Vorurtheile sind überhaupt die Abgesandten des Teufels, durch welche er jeden Fortschritt in den Wissenschaften, in Aufklärung und Bildung der Menschheit, wenn auch nicht zu vernichten, doch zu hemmen und aufzuhalten weiß. Ein Vorurtheil ist nämlich nichts Anderes als ein Urtheil über irgend einen Gegenstand, welches man Anderen nachspricht, ohne selbst sich vollständig klar gemacht zu haben, auf welchen Gründen

Digitized by Google

der Urtheil beruht oder beruhen soll. In der Jugend lernen wir Vieles von Eltern und Aelteren, damit wir möglichst schnell die Stufe der Bildung erreichen, auf welcher die Menschheit oder das Volk, dem wir angehören, gerade steht. Aber dieser Standpunkt ist lange nicht der letzte, der höchste. Die Menschheit ist wenigstens in Bezug auf Kunst und Wissenschaften beständig im Fortschritt begriffen und von dem Gesammtwissen einer Zeit ist stets nur ein geringer Theil wahr und sicher begründet, der bei weitem größere Theil besteht aus vorläufigen, unbegründeten Annahmen, mit denen man sich behilft, bis man etwas Besseres lernt. Diese vorläufigen Annahmen sind eben die Vorurtheile. Sobald aber der Mann aus dem Kindesalter heraustritt, ist es seine Aufgabe, ja seine Pflicht, sich von der Sclaverei dieser angelernten Vorurtheile frei zu machen, zu prüfen, wie weit sein bisher gewonnenes Wissen ein begründetes, feststehendes, wie weit dagegen ein nur aus Vorurtheilen bestehendes ist, damit er für jeden Fortschritt, den seine Zeit macht, einen offenen Sinn mitbringe, nicht durch alte anklebende Vorurtheile verhindert werde, selbst an diesen Fortschritten Theil zu nehmen.

Dies ist ganz besonders den Landwirthen an's Herz zu legen, die bei der Mangelhaftigkeit ihrer bisherigen Bildung am allermeisten durch Vorurtheile geleitet werden und deshalb weder mit der fortschreitenden Zeit gleichen Schritt halten, noch auch ihren Beitrag liefern können, damit ein Fortschritt geschehe. Es ist nicht zu leugnen, daß Deutschland eine große Menge intelligenter Landwirthe besitzt, die den besten Willen haben, zur weiteren Ausbildung der Landwirthschaft beizutragen, die oft mit Aufopferung von Geld und Zeit Versuche anstellen, und die doch bei allem dem nicht das Allergeringste fördern oder zum Abschluß bringen. Man vergleiche nur, um diesen Ausspruch völlig gerechtfertigt zu finden, die landwirthschaftlichen Zeitschriften der letzten 20 Jahre, die Protocolle der landwirthschaftlichen Versammlungen und Vereine. Noch heute wie vor 20 Jahren liegen dieselben Fragen unerledigt vor, wird über dieselben Gegenstände mit denselben Gründen für und wider gestritten, ohne daß auch nur das allergeringste erhebliche Resultat gewonnen, irgend ein sicherer Fortschritt geschehen wäre. Man vergleiche die bändereiche dreijährige Kartoffellitteratur, in der die Schriften, die heute erscheinen, gerade so klug und so unwissend sind, wie vor 3 Jahren beim ersten Auftreten der Kartoffelkrankheit. Die Schuld davon ist lediglich der traurig oberflächlichen Bildung beizumessen, welche sich die Landwirthe in der besten Meinung und mit dem redlichsten Fleiß auf landwirthschaftlichen Instituten erworben haben. Es fällt mir nicht bei, behaupten zu wollen, daß die vielen Zweige des Wissens, die dem studirenden Landwirth geboten werden, für ihn unnütz sind und dem gründlichen Studium der Naturwissenschaften, insbesondere der

Digitized by Google

Chemie, Platz machen sollten (denn welche Nothwendigkeit beschränkt das Studium des Landwirthes auf einen so kurzen Zeitraum von 1, höchstens $1\frac{1}{2}$ Jahren) — aber ich halte es für keinem Zweifel unterworfen, daß die Art und Weise, wie jetzt vom Landwirth Naturwissenschaften betrieben werden, im allergünstigsten Falle verlorne Zeit ist, in den meisten Fällen aber durch Halbwisserei, unverstanden Auswendiggelerntes und aus Mangel an Gründlichkeit falsch Aufgefaßtes unendlichen Schaden stiftet. Man darf nur landwirthschaftliche Verhandlungen, ja zum großen Theil selbst die Schriften der Vorsteher landwirthschaftlicher Institute und berühmter landwirthschaftlicher Schriftsteller durchlesen, um fast auf jeder Seite bei vielleicht dem bestem Willen, etwas Gutes zu sagen, Beispiele der größten Unwissenheit oder Begriffsverwirrung zu finden. Wenn eine Preisfrage aufgegeben wird; »ob man durch Schwefelsäure den Gyps ersetzen könne«, so werden große Versuche angestellt, nachdem die Schwefelsäure erst durch Braunkohlenasche, wie man es nennt fixirt, in der That aber durch Neutralisation mit kohlensaurem Kalk in Gyps verwandelt ist, und die Resultate werden dann ganz gutmüthig der Schwefelsäure zugeschrieben. In mehreren der gelesensten landwirthschaftlichen Zeitschriften fand ich vor Kurzem den Satz: »Die Aehre, welche einen Monat vor der Reife süß und milchig ist, wird nach und nach fest, indem sich der Zucker in Stärkemehl verwandelt und die Milch sich zu Kleber und Eiweiß verdichtet«. Man weiß wirklich nicht, ob man über solches unsinnige Gewäsche lachen, oder weinen soll. Diese Beispiele mögen genügen; ohnehin sind Beispiele mit Recht verhaßt, aber auch leider sehr bei der Hand.

Nach dem Vorstehenden wird man sich nun leicht einen Begriff davon machen können, was wir in diesem Werke, was insbesondere ich in der Physiologie angestrebt habe. Daß es uns eine ernste, heilige Aufgabe gewesen ist, das Beste und Gesichertste unseres Wissens möglichst von abstruser Schulsprache frei darzulegen und den Lernenden in das Verständniß des Gegenstandes selbst einzuführen, dafür mag das Buch selbst reden; daß es aber nicht unsere Absicht war und sein konnte, in tändelnder Weise oberflächlich die Resultate unserer Wissenschaften vorzuführen, um dem Lesenden mit leichter Mühe den angenehmen, aber sehr verderblichen Glauben anzuschmeicheln, daß er sich ohne Anstrengung der Wissenschaft bemächtigt habe, das sei hier noch einmal ausdrücklich hervorgehoben mit den Worten Göthe's:

»Ich schreibe nicht Euch zu gefallen,«
»Ihr sollt was lernen!«

Digitized by Google

Ueber den Gebrauch des Mikroskopes.

Niemand wird es in Abrede ſtellen wollen, daß ein Landwirth in unſerer Zeit eine ziemlich traurige Rolle ſpielen würde, wollte er ſein ganzes Handwerksgeräth auf die wenigen und unvollkommenen Werkzeuge beſchränken, welche etwa zu Carl's des Großen Zeit bei unſeren Urahnen in Gebrauch waren. Sind aber ſeit jener Zeit ohne Zweifel und zum weſentlichen Vortheil der Landwirthſchaft viele neue Inſtrumente erfunden und eingeführt, ſo kann auch Niemand im Ernſt behaupten wollen, daß es nicht in Zukunft ebenſo gehen werde, daß nicht noch Werkzeuge mannichfacher Art als nothwendig für den Landwirth erkannt und in ſein Inventar aufgenommen werden können, von denen man gegenwärtig noch nichts weiß oder doch eine ſolche Anwendung noch nicht ahnt.

Ein ſolches Inſtrument nun, welches auf dieſe Aufnahme Anſpruch macht, iſt das Mikroſkop, und wenn es auch jetzt noch Vielen ſeltſam klingen mag, ſo wage ich doch zu behaupten, daß es nicht gar zu lange dauern wird, bis man für den Landwirth ſo gut wie für jeden Anderen, der einen Zweig der theoretiſchen oder angewandten Naturwiſſenſchaft betreibt, ein gutes Mikroſkop für ein ganz unentbehrliches Hausgeräth anſehen wird.

Es ſind vorzugsweiſe Chemie und Phyſiologie, auf denen die ganze wiſſenſchaftliche Ausbildung des Landwirthes beruht. Für Phyſiologie wird es ſich im weiteren Verfolge dieſes Werkes von ſelbſt ergeben, daß ihr gründliches und daher, wie oben nachgewieſen, praktiſches Studium ohne beſtändigen Gebrauch des Mikroſkopes ſich gar nicht denken laſſe. Aber auch für die Chemie fängt dies Inſtrument an, ein immer wichtigerer Hülfsapparat zu werden und zumal in der organiſchen Chemie, die dem Landwirthe am nächſten liegt, iſt es jetzt ſchon faſt unentbehrlich. So wie gerade die für die Ernährung der Menſchen und Thiere wichtigſten Stoffe in den einzelnen Pflanzenorganen, z. B. im Samen, in Wurzeln u. ſ. w. vertheilt und gemengt ſind, iſt eine vollkommene Trennung derſelben auf mechaniſchem und oft ſelbſt auf chemiſchem Wege ganz unmöglich. Es iſt aber in unzähligen Fällen für die techniſche Benutzung gewiſſer Rückſtände u. ſ. w. außerordentlich wichtig, über ihre Beſtandtheile völlig im Klaren zu ſein, und dazu verhilft uns oft ein einziger Blick durch das Mikroſkop, während die Chemie uns im Stiche läßt. Die Analyſen der Getreidekörner, die Kartoffeln, Runkelrüben u. ſ. w. gewinnen eine ganz andere Bedeutung, wenn man das Mikroſkop mit zur Hülfe nimmt, und jeden der abgeſchiedenen Stoffe unter dem Vergrößerungsglaſe auf ſeine Reinheit und Einfachheit prüft. In faſt allen che-

mischen Handbüchern paradirt ein Stoff unter dem Namen »stärkemehlartige Faser«, die in den Kartoffeln die Grundlage bilden soll. — Dieser Stoff ist ein reines Hirngespinnst. Beim Zerkleinern der Kartoffel und wenn es noch so sorgfältig geschieht, bleibt ein großer Theil der Zellen, aus denen die Kartoffel zusammengesetzt ist und in welchem sich die Stärke in Form kleiner Körner befindet, unzerrissen und also geschlossen, so daß das darin enthaltene Stärkemehl von dem Wasser nicht mit fortgespült werden kann, der Rückstand nach der Gewinnung der Kartoffelstärke ist also nicht ein besonderer Stoff, sondern ein Gemenge aller der Substanzen, die überhaupt in der Kartoffel vorkommen, also Kartoffeln, denen nur ein Theil ihres Stärkemehls geraubt ist. — Es sind daher auch alle Analysen, welche den Stärkegehalt der Kartoffel, der Getreidearten u. s. w. durch den Proceß des Ausschlämmens bestimmen, falsch und ohne allen praktischen Werth. — Das Mikroskop zeigt uns hier, daß noch ein großer Theil der Stoffe ungetrennt zurückgeblieben ist, und einmal aufmerksam gemacht, erfindet dann die Chemie leicht die Methoden, um die Bestandtheile auch genau und vollständig zu bestimmen (B. II, §. 78). Ich brauche hier aber wohl nicht erst zu erwähnen, wie wichtig eine solche genaue Bestimmung für so viele landwirthschaftliche Gewerbe, z. B. für die Brennerei, wie wichtig sie für die Beurtheilung der Nahrhaftigkeit der Pflanzenstoffe ist. Wenn man die sogenannte Milch unreifer Getreidekörner unter das Mikroskop bringt, so sieht man, daß es eine ganz klare wasserhelle Flüssigkeit (eine Auflösung von Zucker, Gummi und Eiweiß) ist, welche durch die *große* Menge von kleinen Stärkemehlkörnern, die darin schwimmen, milchig erscheint. Mit diesem einfachen Resultat des Zusehens möge man das oben S. 8 angeführte Geschwätz vergleichen.

Keineswegs sind dies aber die einzigen Fälle, wo die Anwendung des Mikroskopes unmittelbaren praktischen Nutzen oder richtiges Verständniß der alltäglichsten Vorgänge gewährt, es muß aber dem Folgenden überlassen bleiben, die durch jenes unentbehrliche Instrument zu gewinnenden Resultate im Einzelnen vorzuführen.

Gegen die allgemeine Anwendung des Mikroskopes sträubt sich ein großer Theil der Menschen, aber aus sehr verschiedenen Gründen; viele aus Bornirtheit, weil ihnen alles Neue eben als Neues verhaßt ist, andere aus Faulheit, weil ihnen alles Neue unbequem ist, wenn es sie zu neuer Anstrengung verpflichtet, diese verdienen natürlich beide keine Berücksichtigung. Aber es bleibt noch ein dritter Theil übrig, der wirklich Gründe aufsucht und anführt, die der allgemeineren Verbreitung des Mikroskopes sich entgegenstellen sollen. Diesen Leuten müssen wir antworten und sie zu belehren suchen.

Es sind besonders zwei Gründe, die hervorgehoben werden. Der

Digitized by Google

erste beruht auf einem hergebrachten, noch vielfach sich geltendmachenden Mißtrauen gegen die Resultate mikroskopischer Untersuchungen. Man sagt, das Mikroskop täusche, die damit gemachten Beobachtungen seien unsicher und vielfachen Fehlern unterworfen u. s. w. Dies ist aber ein leeres Vorurtheil. Die Wirkung des Mikroskopes beruht auf unveränderlichen, ausnahmslosen, physikalischen Gesetzen, hier tritt so wenig eine Störung, eine Irrung ein, wie beim Auf- und Untergang der Sonne, hier ist Alles ebenso sicher und unumstößlich, wie bei der Vorausbestimmung der Finsternisse und anderer Gegenstände des Kalenders. Etwas ganz Anderes aber ist es mit dem, was als angebliche mikroskopische Beobachtung mitgetheilt und verbreitet wird; dabei mag allerdings viel Irrthum, viel Falsches mit unterlaufen, aber daran ist das Mikroskop selbst unschuldig. Es ließe sich im Gegentheil gerade daraus einer der wichtigsten Gründe für die Nothwendigkeit des allgemeineren Gebrauches des Mikroskopes entlehnen. Es hat nie an Menschen gefehlt und wird nie daran fehlen, die aus Dummheit, Unwissenheit, Leichtsinn, Eitelkeit, Eigennutz und dergleichen mehr halbe und mangelhafte Beobachtungen durch die Phantasie zu ganzen und vollständigen ergänzen oder auch wohl ganz und gar die Beobachtung durch Phantasiespiele und Producte ihrer Einbildungskraft ersetzen, so kommt viel Unächtes und Unlauteres in die Wissenschaft. Dagegen giebt es aber eine unfehlbare Schutzwaffe in der Wissenschaft selbst. Wer gelernt hat, eine chemische Untersuchung anzustellen, braucht sich nichts von einem Charlatan weiß machen zu lassen, wer selbst ein Mikroskop hat und zu gebrauchen weiß, wird sich leicht darüber klar werden, wie viel ihm in Buch und Lehre gegeben wird, was sehr schön klingt, aber nur leider nicht wahr oder doch noch höchst unsicher ist. Daß Unwahrheit statt Wahrheit, Unächtes statt Aechtem auf den Markt des Lebens gebracht wird, ist eine gar zu allgemeine Erscheinung, als daß es nicht höchst ungerecht erscheinen sollte, wenn man daraus gerade den mikroskopischen Beobachtungen einen besonderen Vorwurf machen will. Aber wie überall Wissen und zwar gründliches Wissen die Macht ist, die uns von Vorurtheilen befreit, vor Selbsttäuschung und frembem Betrug sichert und uns die Natur unterwirft, so ist auch hier in unserem besonderen Falle das beste Mittel, sich vor etwaigen falschen Ansichten in der Physiologie sicher zu stellen, daß man selbst mit dem Mikroskope sich vertraut mache und sich so in den Stand setze, selbst fremde Beobachtungen zu controliren.

Aber, lautet der zweite Einwurf, das Mikroskop hat doch noch nicht eine so allgemeine Anwendung und Wichtigkeit erlangt, daß dadurch die so bedeutenden Kosten der Anschaffung eines so theueren Instrumentes ausgeglichen würden. Die erste Hälfte dieses Einwurfes könnte noch zu einer längeren Betrachtung Veranlassung geben, wenn es nöthig wäre,

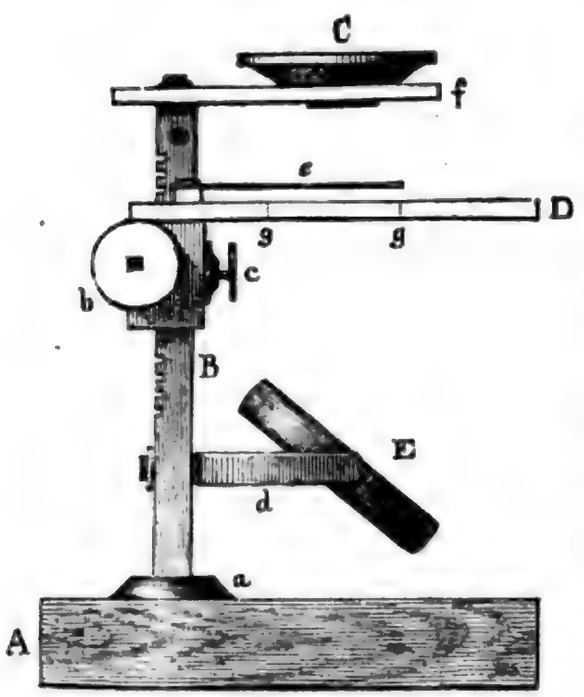
Digitized by Google

aber wir können uns dieſe Mühe ſparen, da die zweite Hälfte gegenwärtig nicht mehr wahr iſt. Früher waren einerſeits die Mikroſkope überhaupt bedeutend theurer als gegenwärtig, andererſeits aber meinte man auch zu allen Unterſuchungen nothwendig die größten und folglich koſtbarſten Inſtrumente anwenden zu müſſen. Auch von dieſem letzten Vorurtheil kommt man jetzt immer mehr und mehr zurück. Zu den Unterſuchungen, welche bei den gewöhnlichen pflanzenphyſiologiſchen Beſchäftigungen vorkommen können, genügt, wenn man etwa die ſchwierigen und zur Zeit noch unpraktiſchen Fragen nach Entſtehung des Keimes und der einzelnen Zelle ausnimmt, ein gutes einfaches Mikroſkop, deſſen ſtärkſte Linſen einen Gegenſtand 100 — 120mal im Durchmeſſer vergrößern, und die in allen optiſchen Werkſtätten um eine geringe Summe zu kaufen ſind *). —

Damit glaube ich die Haupteinwendungen gegen die allgemeinere Anwendung des Mikroſkopes widerlegt zu haben und kann mich jetzt zu einer genaueren Betrachtung des Inſtrumentes ſelbſt und ſeiner Anwendungsweiſe wenden.

Die Wirkungsweiſe des Mikroſkopes beruht auf den Eigenſchaften des Lichtes, deſſen allgemeine Natur im erſten Bande S. 124, §. 73. kurz entwickelt iſt. Ich halte es aber für unnöthig und überflüſſig, die optiſchen Geſetze, welche dabei ihre Anwendung finden, hier einer ausführlichen Darſtellung zu unterwerfen, da dieſe Kenntniß nur dem theoretiſchen Forſcher nützlich und nothwendig iſt. Für die gegenwärtigen Zwecke genügt es, die Wirkung ſelbſt genau anzugeben und dann die Art und Weiſe der Anwendung des Inſtrumentes deutlich zu machen.

Fig. 1.



Man unterſcheidet einfache und zuſammengeſetzte Mikroſkope. Für die erſten kann Fig. 1. als Beiſpiel dienen, welche ein kleines Körner'ſches Mikroſkop darſtellt. Daſſelbe beſteht aus den linſenförmig geſchliffenen und in Meſſing gefaßten Gläſern *C* (Linſen), welche die Vergrößerung bewirken, und einem meſſingenen Stativ, welches mittelſt der Platte *a* auf

*) Empfehlenswerthe Inſtrumente der Art liefert in Jena die Körner'ſche Werkſtatt mit 4 Vergrößerungen von 15, 30, 60 und 120mal zu 14 Thlr. und

einem Brette *A* oder auf dem Deckel des Mikroskopkästchens aufgeschraubt ist. — Das Stativ, eine viereckige Messingstange *B*, hat 1) oben einen Arm *f*, welcher die vergrößernden Linsen trägt. 2) Darunter trägt es den sogenannten Tisch *D*, eine in der Mitte mit einem Loche *g g* versehene Messingplatte, auf welche mittelst einer Glasplatte die zu vergrößernden Gegenstände gelegt werden. Die Glasplatte wird durch die Federn *e* festgehalten. Der Tisch kann durch den Trieb *b* auf und ab bewegt und so nach der Stärke der Vergrößerung der Linse so weit genähert werden, bis der Gegenstand vollkommen klar und deutlich erscheint. Will man unter den schwächeren Vergrößerungen den Gegenstand noch mit Messern oder Nadeln in kleinere Theile zerlegen, so dient die Schraube *c* dazu, den Tisch in der richtigen Stellung festzuhalten. 3) Unten endlich ist an der Stativstange mittelst der Gabel *d* der Spiegel *E* so befestigt, daß er nach allen Seiten gewendet werden kann, um durch ihn das Licht von unten auf den zu untersuchenden Gegenstand zu werfen.

Das zusammengesetzte Mikroskop unterscheidet sich im Wesentlichen nur dadurch von dem einfachen, daß an die Stelle der einfachen oder doppelten gefaßten Linse *C* eine lange messingene Röhre tritt, welche oben und unten mit linsenförmig geschliffenen Gläsern versehen ist. Uebrigens sind die Einrichtung des Stativs, die Mittel zur Befestigung der Linsen, zur Annäherung oder Entfernung des Tisches und der vergrößernden Gläser, der Apparat zur Beleuchtung und so weiter fast von jedem Verfertiger von Mikroskopen anders angeordnet, so daß sich Allgemeines gar nicht darüber sagen läßt. Wer sich im einfachsten Falle einen deutlichen Begriff von dem gemacht hat, worauf es eigentlich ankommt, findet sich dann mit einigem Nachdenken leicht an jedem Instrumente zurecht. —

Die Wirkung ist beim einfachen und zusammengesetzten Mikroskope ganz dieselbe und besteht darin, daß man den Gegenstand, den man mit demselben betrachtet, bei weitem größer sieht als er dem unbewaffneten Auge erscheint, und daß man, so weit das Instrument gut gearbeitet und brauchbar ist, in dem vergrößerten Gegenstande auch mehrere Einzelheiten und feinere Structurverhältnisse unterscheiden kann, als dem unbewaffneten Auge zu erkennen möglich ist. Je stärker die Gläser vergrößern, desto geringer ist die Fläche, die man von dem Gegenstande übersehen kann (die Größe des Sehfeldes), desto geringer die Helligkeit des Raumes, den man durch das Mikroskop übersieht (die Helligkeit des Sehfeldes), und endlich desto geringer der Abstand des untersten Vergrößerungsglases von dem Gegenstande oder der sogenannte Focal-

---

der Mechanicus Zeiß mit 3 Vergrößerungen von 15, 30 und 120mal in großer Güte zu 11 Thlr.

Digitized by Google

abstand. Bei Anwendung verschiedener Vergrößerungen darf man diese drei Verhältnisse nicht vergessen.

Der Gebrauch des Mikroskopes ist etwas verschieden, je nachdem der Gegenstand, den man untersuchen will (das Object), undurchsichtig ist oder doch als solcher behandelt werden soll, oder durchsichtig erscheint. Im ersten Falle legt man den Gegenstand auf eine schwarze undurchsichtige Unterlage, so daß das vom Spiegel des Instrumentes nach oben geworfene Licht ausgeschlossen ist *). Hierbei kann man keine sehr starke Vergrößerungen anwenden, weil die breite Messingfassung der Glaslinsen verhindert, daß das nöthige Licht auf den Gegenstand fällt.

Will man den Gegenstand als einen durchsichtigen betrachten, und sich so über seinen inneren Bau unterrichten, so ist vor Allem nöthig, daß man das Mikroskop und den Spiegel desselben so stellt, daß das Sehfeld, wenn man durch die Linse sieht, die größt-mögliche Helligkeit hat, was nach einigen Proben leicht gelingt. Das nächste Erforderniß ist dann die Zubereitung des Objects (das Präpariren). Dieses ist entweder an sich schon durchsichtig oder zart genug, daß man es ohne Weiteres beobachten kann oder nicht. Im letzten Falle muß man dasselbe künstlich durchsichtig machen. Zuweilen gelingt dies dadurch, daß man den Gegenstand mit Wasser oder mit Copallack (noch besser mit farblosem canadischen Balsam) anfeuchtet. Meistentheils aber und namentlich bei fast allen botanischen Untersuchungen muß man den Gegenstand zerschneiden und in ganz dünnen abgeschnittenen Plättchen betrachten. Zum Schneiden bedient man sich am besten eines guten englischen Rasirmessers mit breiter Klinge. Mit einiger Uebung bringt man es bald dahin, daß man die Schnitte dünne genug für die Beobachtung anfertigen lernt. Hierbei ist zu erinnnern, daß man selten durch einen einzigen Schnitt vollkommen über die inneren Structurverhältnisse unterrichtet sein wird, viel öfterer wird man mehrere Schnitte nach drei auf einander senkrechten Richtungen machen müssen. Wäre z B. die Aufgabe, das Holz der Linde zu untersuchen, so macht man erst einen Schnitt quer durch den Zweig und schneidet hier ein zartes Plättchen ab, einen zweiten Schnitt führt man dann der Länge nach so, daß er durch die Mitte des Zweiges durch das Mark geht, endlich einen dritten so, daß er mit der Rinde des Zweiges gleichlaufend (parallel) ist; durch aufmerksame Betrachtung und Vergleichung dieser drei Schnitte wird man dann in den Stand gesetzt, sich ein vollkommen klares Bild von der inneren Structur des Zweiges mit Hülfe der Einbildungskraft zu ent-

*) Den oben empfohlenen Körner'schen und Zeiß'schen Mikroskopen ist zu diesem Endzwecke eine kleine geschwärzte Messingplatte beigegeben, welche in die Oeffnung (*g g*) des Tisches eingelegt, dieselbe verschließt.

Digitized by Google

werfen. Bei der großen Mannichfaltigkeit der zu unterſuchenden Gegenſtände iſt es ganz unmöglich, für alle Fälle Vorſchriften für die Zubereitung der Objecte zu geben. Eigenes Nachdenken und Uebung müſſen hier dem Beobachter zur Seite ſtehen. Am beſten iſt es, eine wenn auch nur kurze Schule bei einem geübten mikroſkopiſchen Beobachter durchzumachen. Uebrigens werde ich im Folgenden in allen Fällen, wo es nöthig erſcheint, die Art des Zubereitens angeben.

Hat man auf dieſe Weiſe ein Object ſich verſchafft, welches zur Unterſuchung geeignet erſcheint, ſo trägt man daſſelbe mit einem Pinſel auf ein Glastäfelchen (Objectträger*) und befeuchtet es mit einem Tropfen klaren Brunnen- oder noch beſſer deſtillirten Waſſers. Teichwaſſer, oder abgeſtandenes Waſſer darf man deshalb nicht nehmen, weil ſich darin gewöhnlich eine Menge kleiner Infuſionsthiere und Waſſerpflänzchen (Algen) befinden, welche die Beobachtung ſtören und oft zu großen Irrthümern verleiten. Nunmehr legt man die Glasplatte mit dem Object auf den Tiſch des Mikroſkopes, und beginnt die Beobachtung ſtets, beſonders ſo lange man noch nicht geübt iſt, mit der ſchwächſten Vergrößerung und ſchreitet dann allmälig zu den ſtärkeren fort. Bei der ſtärkſten Vergrößerung der genannten Mikroſkope muß man vorher das Object noch mit einem kleinen ganz dünnen Glastäfelchen (Deckglas) bedecken, dergleichen ebenfalls den meiſten Mikroſkopen beigegeben werden. Bei den ſtärkeren Vergrößerungen müſſen nämlich die Linſen ſo ſehr dem Gegenſtande genähert werden, daß ſie ſich leicht mit Waſſerdunſt beſchlagen, wodurch ſie undurchſichtig werden. Dies wird aber durch das Bedecken des Objectes mit dem Deckgläschen abgewendet. Nicht ſelten kommt man auch in den Fall, zur Erkennung der chemiſchen Natur der Stoffe, aus welchen das Object beſteht, Reagentien anwenden zu müſſen, und in dieſem Falle würde ohne jenes deckende Glastäfelchen häufig durch verdunſtende Säuren oder unvorſichtiges Eintauchen der Linſe in die Flüſſigkeit dieſe ſelbſt Schaden leiden.

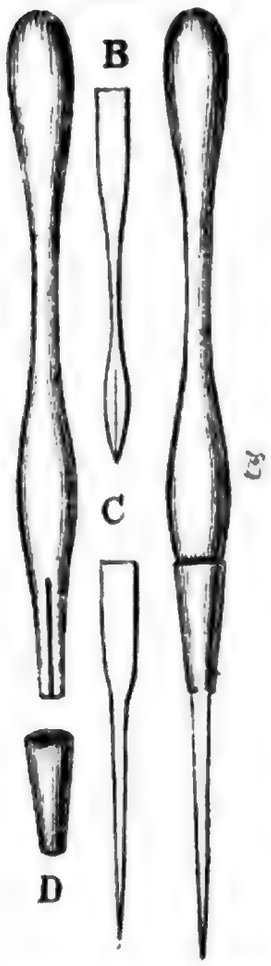
In vielen Fällen genügt die angegebene Bereitung der Objecte nicht oder ſie entſpricht überall nicht dem Zwecke, den man ſich bei der Unterſuchung vorgeſetzt hat, in dieſem Falle muß man die Zerkleinerung oder Zertheilung des Gegenſtandes auf einem Objectträger unter dem Mikroſkope ſelbſt vornehmen. Am beſten bedient man ſich hierbei als zerkleinernder Inſtrumente gefaßter Nadeln und kleiner Meſſerchen, wie ſie in Fig. 2. (ſ. f. S.) dargeſtellt ſind. Ein Griff von Holz oder Elfenbein, *A*, iſt unten geſpalten, in dieſe Spalte ſchiebt man das flach geſchlagene

*) Dergleichen werden allen Mikroſkopen beigegeben.

Digitized

Ende einer kleinen zweischneidigen Messerklinge, *B*, oder einer Nadel, *C*, und schiebt denn eine Hülse von Messing oder Neusilber, *D*, darüber, um das Messer oder die Nadel im Spalt festzuhalten. So zusammengestellt erscheint das Instrument dann wie in *E*, ist leicht und bequem zu handhaben, und wenn eine Nadel abbricht, so ist der Rest leicht herauszunehmen und durch eine neue zu ersetzen*).

Fig. 2.



Beim Versuch, einen Gegenstand unter dem Mikroskope zu zertheilen, wird man anfänglich einige Schwierigkeit darin finden, daß das Mikroskop auch die Bewegungen vergrößert, man gewöhnt sich aber bald daran, die Bewegung der Hände so zu beherrschen, daß man mit Sicherheit mit Hülfe der Nadel noch Gegenstände zertheilen kann, welche dem unbewaffneten Auge fast unsichtbar klein erscheinen.

Will man aber Nutzen von seinen mikroskopischen Untersuchungen haben, so muß man dem ungetreuen Gedächtniß, welches bald die vielen vereinzelten Anschauungen durch einander werfen, vermengen oder theilweise verlieren würde, zu Hülfe kommen. Man sollte daher niemals eine mikroskopische Untersuchung unternehmen, ohne sich möglichst genaue Notizen über die Resultate der Beobachtungen aufzuzeichnen. Noch besser ist es, wenn man im Stande ist, durch eine, wenn auch nur rohe Zeichnung den Notizen einen größeren Werth zu verleihen, um später der Einbildungskraft beim Wiederhervorrufen des Bildes zu Hülfe zu kommen.

Am besten ist es freilich, wenn man neben den Notizen sich eine Sammlung der beobachteten Gegenstände selbst anlegt, was für die meisten Objecte aus der Pflanzenwelt mit wenig Schwierigkeiten verbunden ist. Man verfährt dabei folgendermaßen. Zunächst läßt man sich von einem Glaser einen Vorrath kleiner Täfelchen aus dem dünnsten unbelegten Spiegelglas schneiden. Die Größe kann man nach eigener Liebhaberei bestimmen, am bequemsten sind Glastäfelchen etwa 3 par. Zoll lang und $^3/_4$ Zoll breit. Man nimmt dann ein solches Täfelchen und bedeckt auf einer Seite beide Enden etwa einen halben Zoll lang mit ganz feinem Postpapier, welches man am besten mit arabischem Gummi aufklebt.

*) Solche Messerchen und Nadeln nebst den Griffen werden sehr verzüglich von dem Instrumentenmacher Besemann in Jena angefertigt.

Digitized by Google

Auf die Mitte des frei gebliebenen Raumes trägt man dann mit einem Glasstäbchen einen kleinen Tropfen einer ganz reinen und neutralen Chlorcalciumlösung auf und in dieselbe bringt man mit Hülfe der Präparirnadel oder eines feinen Pinsels das Präparat, welches man beobachtet hatte, bestreicht dann das aufgeklebte Postpapier dünne mit arabischem Gummi und bedeckt dann das Ganze mit einem zweiten Täfelchen, welches man so fest andrückt, bis es auf dem Papier festhaftet. Später umwindet man beide Enden noch mit einem Streifen Schreibpapiers, welches man ebenfalls mit Gummi bestreicht, damit beide Täfelchen unverschiebbar verbunden bleiben. Auf dieses Papierstreifchen schreibt man dann eine kurze Bezeichnung dessen, was die Täfelchen enthalten. Auf diese Weise erhalten sich die meisten mikroskopischen Objecte fast für immer unverändert, da wegen der wasseranziehenden Kraft des Chlorcalciums das Präparat niemals austrocknen kann. Eine Unbequemlichkeit entsteht nur dadurch, daß das Chlorcalcium in einigen Fällen den Zelleninhalt gerinnen macht, jedoch ist dieser Nachtheil nicht sehr bedeutend.

Auch hier wird anfänglich manches Object verdorben werden, aber bei einiger Aufmerksamkeit erlangt man bald die nöthige Uebung und sieht sich in Kurzem im Besitz eines ebenso unterhaltenden als belehrenden Kabinettes mikroskopischer Gegenstände. Punkte, worauf besonders zu achten, sind erstens die Dicke des Papiers, welches zwischen beiden Glastäfelchen zu liegen kommt. Da es dazu bestimmt ist, das Object vor dem zu starken Druck der Glastäfelchen zu schützen und doch jeder unnöthige Zwischenraum vermieden werden muß, so wendet man nach der Dicke des aufzubewahrenden Präparates verschieden dickes Papier an. Ein zweiter Punkt, welcher Aufmerksamkeit verdient, ist der, daß die Menge des Chlorcalciums nicht zu groß sei, damit sie beim Aufdecken des zweiten Glastäfelchens nicht zu den Seiten herausgepreßt werde, in welchem Falle gewöhnlich das Präparat verdirbt, und auch nicht zu klein, damit der Gegenstand vollständig von allen Seiten mit Chlorcalcium umgeben sei. Endlich drittens thut man gut, vor dem Aufdecken des zweiten Glasplättchens stets noch einmal unter dem Mikroskop zuzusehen, ob das Object auch richtig liegt, oder sich vielleicht verschoben oder zusammengefaltet hat, in welchem Falle man dasselbe erst mit den Nadeln in die vortheilhafteste Lage bringt.

Die diesem Werke beigegebenen Illustrationen sind von mir selbst mit möglichster Treue und Sorgfalt nach der Natur gezeichnet und von Seiten der Verlagshandlung mit ausgezeichneter Sauberkeit in Holzstich ausgeführt. Die unter jeder Figur befindliche Zahl zeigt das Verhältniß zur wirklichen Größe an, z. B. 400 heißt 400mal vergrößert, $^1/_2$ bedeutet halbe natürliche Größe und so weiter. Ich habe es um so nöthiger

erachtet, für die folgenden Illuſtrationen von der höchſt anerkennenswerthen Bereitwilligkeit des Verlegers reichlichen Gebrauch zu machen, als wir eben nicht allzu reich an richtigen Darſtellungen der Art ſind und mir namentlich für Landwirthe beſtimmte Abbildungen vorgekommen ſind, die nichts beurkunden als die Gewiſſenloſigkeit ihrer Verfaſſer, die ſich nicht ſcheuen, ſtatt ihre Schüler zu belehren, die Vorſtellungen derſelben durch ihre der Natur durchaus widerſprechenden Sudeleien zu verwirren. —

Digitized by Google

Erstes Buch.

Pflanzenphysiologie.

Einleitung.

Die Pflanzenphysiologie begreift die naturwissenschaftliche Kenntniß der an der Pflanze während ihres ganzen Lebens vorgehenden Veränderungen. Bis fast in die neueste Zeit hinein ist diese Lehre scheinbar viel vollkommener und vollständiger gewesen, als gegenwärtig. Man behandelte die ganze Pflanze als ein dem Thiere ähnliches Naturwesen und übertrug von diesem eine Menge Lehrsätze auf die Pflanze, ohne zu fragen, ob sie hierher auch paßten, und wo man vom Pflanzenleben nichts wußte, füllte man die Lücke unbekümmert um die Wahrheit der Sache mit Träumereien aus, die nach jener angeblichen Aehnlichkeit ausgesponnen waren. Der wesentliche Fortschritt der letzten dreißig Jahre hat fast allein darin bestanden, daß man das Falsche ablegte und anfing sich seine Unwissenheit in vielen Punkten einzugestehen. Wo es darauf ankommt, theoretische Kenntniß praktisch auf dem Gebiete des Lebens anzuwenden, ist es nun ganz besonders wichtig, daß man sorgfältig die Spreu vom Weizen sondere, daß man genau alles Dasjenige ausscheide, was nicht vollkommen begründet ist, und lieber eine geringere Menge, aber vollkommen gesicherte Kenntnisse mit in's Leben hinübernehme, als einen scheinbar größeren Reichthum, der aber beim Lichte der Erfahrung besehen, sich wie jener Schatz im Mährchen in Asche und Scherben verwandelt. Dies ist der Grund, weshalb in den Handbüchern der Landwirthschaft so ungemein viel Albernes und Unbrauchbares vorkommt, weil Diejenigen, welche die Schätze der wissenschaftlichen Botanik und Pflanzenphysiologie für die Landwirthschaft benutzen, in den meisten Fällen nicht genügend gründliche Kenntnisse besitzen, um mit eigenem Urtheil Wahres und Falsches — gesichertes Wissen von Vermuthungen und Hypothesen — richtig und folgerecht abgeleitete Gesetze, von unbegründeten kecken Aussprüchen

Digitized by Google

unterſcheiden zu können. Innerhalb der Wiſſenſchaft ſchaden alle jene Mängel nicht ſo ſehr, weil der Mann von Fach weiß, wie viel und wie wenig Werth er auf ſie zu legen habe und ſie deshalb an ihren rechten Platz ſtellt; im Leben aber werden ſie unmittelbar die Quellen verderblicher Irrthümer und mittelbar die Urſachen von Verdruß, Verluſt und endlich ſehr theuer erkaufter Erfahrung. Wenn daher Mancher im Folgenden Aufklärung über den einen oder anderen Punkt ſuchen möchte und nicht findet, ſo möge er das nicht ſowohl meiner Flüchtigkeit und Unwiſſenheit, als vielmehr meinem ſorgfältigen Nachdenken und meiner Gewiſſenhaftigkeit zuſchreiben, indem ich mich auf alle Weiſe hüten werde, irgend etwas Anderes mitzutheilen, als was für vollkommen feſtgeſtellt in der Wiſſenſchaft angeſehen, alſo auch ohne Bedenken im Leben mit Sicherheit angewendet werden kann. Daß die Pflanzenphyſiologie noch lange nicht Alles erklären, noch lange nicht auf alle Fragen, die man an ſie thun möchte, antworten kann, iſt gewiß; wäre es aber vernünftig, deshalb, weil ſie offen geſteht, nicht Alles zu wiſſen, ihr für das, was ſie zu wiſſen behauptet, das Vertrauen zu entziehen? Ich meine, man müſſe vielmehr gerade umgekehrt verfahren, und mit gutem Gewiſſen erkläre ich hiermit jedes Buch für entſchieden ſchlecht und verwerflich, welches nicht an unzähligen Stellen unſere Unwiſſenheit ausdrücklich geſteht, oder doch wenigſtens die Antwort auf Fragen, welche es ſelbſt in der Seele der Leſer hervorgerufen hat, ſchuldig bleibt Insbeſondere aber hat man Urſache mißtrauiſch zu ſein, wo Pflanzen und Thiere neben einander geſtellt, von beiden gleiche Ausdrücke gebraucht oder Vorgänge in den Pflanzen nach Aehnlichkeit mit den Thieren erklärt werden ſollen. Neunmal unter zehn wird hier etwas entſchieden Falſches zn Tage gefördert ſein.

Es iſt hier noch nicht der Ort, den Unterſchied zwiſchen Pflanzen und Thieren zu entwickeln, ich werde ſpäter darauf zurückkommen, aber ich will hier bemerken, daß der Unterſchied zwiſchen Mineral und Pflanze faſt um nichts größer iſt, als der zwiſchen Pflanzen und Thieren und daß beide letzteren in ihren innerſten Weſen ſo durchweg verſchieden ſind, daß ein Schluß von den Einen auf die Anderen nothwendig zn falſchen Anſichten führen muß. Eins uur muß ſchon hier beſprochen werden, weil es zum Verſtändniß des Folgenden unerläßlich nöthig iſt und ſich zugleich daran am beſten die in Folgendem gewählte Anordnung des Stoffes knüpfen läßt. Es betrifft dies den Bau und die Zuſammenſetzung der Pflanzen im Gegenſatz zu dem Bau und der Zuſammenſetzung der Thiere. Wenn wir ein todtes Thier öffnen, ſo finden wir in dem Körper deſſelben drei Haupthöhlen, die Kopf-, die Bruſt- und die Bauchhöhle, und in denſelben zahlreiche größere oder kleinere Organe, die ſogenannten Eingeweide. Jedes derſelben hat ſeine beſondere Thätigkeit und ſeine

Digitized by Google

eigenthümliche Bedeutung für das Leben des Thieres. Ohne diese Organe vollständig zu besitzen, kann das Thier entweder gar nicht leben, oder doch nicht gesund fortdauern, der Verlust eines derselben zieht immer in kürzerer oder längerer Zeit den Tod des ganzen Thieres nach sich. Etwas dem Aehnliches findet sich nun bei der Pflanze durchaus nicht, sie besitzt in keiner Weise innere Organe oder Eingeweide, einen einzigen Fall, der aber keine Bedeutung für das Leben der Pflanze hat, ausgenommen. Schneiden wir eine Pflanze entzwei *), so finden wir sie im Inneren überall gleichartig zusammengesetzt und nur bald mehr, bald weniger fest und hart. Man muß sich hierbei zunächst über den Begriff der Zusammensetzung verständigen, der hier eine Zweideutigkeit mit sich führt. Ein Bergkrystall zum Beispiel ist zusammengesetzt aus dem Kieselmetall und Sauerstoff, aber in allen seinen kleinsten Theilen ist er gleichartig, überall Kieselerde; seine Theilchen gehen so in einander über, daß man nicht sagen kann, wo der eine anfängt und der andere aufhört. Hier hat das Wort »Zusammensetzung« weiter keine Zweideutigkeit. Es bezieht sich nur auf die chemische Zusammensetzung aus verschiedenen Stoffen. Nehmen wir dagegen ein Stück Fleisch (einen Muskel) eines Thieres, so ist dasselbe zwar auch aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und einigen anderen Stoffen zusammengesetzt, aber damit sind die Eigenthümlichkeiten des Fleisches noch nicht erschöpfend bezeichnet. Es ist das Fleisch nämlich nicht wie der Krystall durch und durch gleichartig, vielmehr lassen sich recht gut einzelne Theilchen in ihm unterscheiden, welche zwar unter sich gleich sind, aber doch nur neben einander gelegt das Fleisch erst zusammensetzen. Schon mit bloßen Augen erkennt man, daß dasselbe aus Fasern besteht. Diese Fasern lassen sich in feinere Fasern zerlegen, und nimmt man das Mikroskop zu Hülfe, so erkennt man zuletzt ganz feine Bündel von Fasern, die sehr zierlich quergestreift erscheinen. Diese Bündel sind so zart, daß selbst im Oberschenkel eines Flohes noch einige 20 neben einander Platz haben. Jene Fasern endlich sind in sich gleichartig, wie der Krystall, und lassen sich ohne Zerreißung und Zerstörung ihres inneren Zusammenhanges nicht weiter in Theile zerlegen. Hier haben wir also eine doppelte Art der Zusammensetzung neben einander, einmal aus Stoffen, welche die Chemie Grundstoffe oder Elemente nennt, und sodann aus unendlich kleinen gleichartig gebildeten, an einander gelagerten Theilen, welche die Physiologie den chemischen Ausdruck nachahmend, Formenelemente oder Elementarorgane

*) Der Ausdruck »Aufschneiden oder Oeffnen (Anatomie)«, wie beim Thier gebräuchlich, hat bei der Pflanze eigentlich gar keinen Sinn.

Digitized by Google

nennt. Solche Formenelemente finden sich im thierischen Körper so verschiedene, daß fast jedes Eingeweide seine eigenthümlichen besitzt. Nun ist die Pflanze zwar aus verschieden geformten, äußeren Theilen gebaut oder zusammengesetzt wie das Thier aus seinen Organen und Eingeweiden, aber alle jene Theile der Pflanze sind äußerlich, es besitzt keine Eingeweide; die ganze Pflanze aber und alle ihre äußeren Organe sind nicht nur chemisch aus Stoffen verschiedener Art, sondern auch wie das Fleisch aus kleinen Elementarorganen zusammengesetzt, welchen durch die ganze Pflanze hindurch überall eine und dieselbe Form zum Grunde liegt. Während wir am ausgebildeten Thiere eine große Anzahl solcher Formenelemente zu unterscheiden gezwungen sind, z. B. Muskelfasern, Nervenfasern, Blutkügelchen, Zellen u. s. w., so entdecken wir in der ganzen Pflanze nur ein einziges Elementarorgan, welches überall dieselbe Natur zeigt und die so verschieden erscheinenden Massen des harten Holzes der Eiche, des weichen Fleisches des Aepfels, der fettartig anzufühlenden leicht zerfließlichen Substanz eines Pilzes bestehen gleichwohl alle aus einer und derselben Grundlage, deren einzelne untergeordnete Abänderungen jene scheinbar so großen Verschiedenheiten hervorrufen. Nach den so eben erörterten drei verschiedenen Gesichtspunkten unterscheidet man nun Pflanzen- und Thierchemie als Lehre von der Zusammensetzung aus chemischen Elementen, Geweblehre der Pflanzen und Thiere als Lehre der Zusammensetzung aus den Elementarorganen, endlich Anatomie oder Lehre der Zusammensetzung des Thieres aus einzelnen Organen oder Eingeweiden. Diese letztere kann bei der Pflanze nicht vorkommen, da sie keine Eingeweide hat; es entspricht vielmehr der thierischen Anatomie die Morphologie oder Gestaltlehre bei der Pflanze.

Jenes Elementarorgan der Pflanze nun nennt man die Pflanzenzelle; es besteht aus einem verschieden geformten Bläschen oder Schlauch von einer durchsichtigen Substanz, dem Zellstoff (Bd. II, §. 5. u. 6.), gebildet und mit sehr verschiedenem Inhalte gefüllt. Im Wesentlichen macht jede Pflanzenzelle ganz denselben Gang der Entwicklung durch; alle Vorgänge, welche das Leben der Pflanze näher oder ferner berühren, gehen in solchen Zellen vor sich; ja es giebt gar viele Pflanzen, welche ganz und gar nur aus einer einzigen Zelle bestehen, wie z. B. viele Schimmelarten; andere, welche nur aus wenigen an einander gereihten Zellen zusammengesetzt sind, z. B. die grünen Wasserfäden oder Conferven, welche im Frühling den lebhaftgrünen Schleim auf unseren Teichen und Gräben bilden. In diesen kleinen Pflänzchen gehen der Hauptsache nach ebenfalls alle die Erscheinungen vor sich, welche das Leben der Pflanze charakterisiren, und so können wir daraus den einfachen

Digitized by Google

Schluß ziehen, daß wir leicht das Leben der ganzen Pflanze verstehen werden, wenn wir uns nur eine vollständige und gründliche Kenntniß des Lebens der einzelnen Zelle erworben haben. Aber umgekehrt müssen wir auch behaupten, daß alles Reden über die ganze Pflanze eitles Geschwätz ist, wenn wir nicht vorher die einzelne Zelle und ihre Eigenthümlichkeiten kennen gelernt haben.

Deshalb werden wir die folgenden Betrachtungen mit einer Kenntniß des Lebens der Zelle beginnen müssen, dann zusehen, wie aus den verschiedenen Formen, welche die Zelle vermöge ihrer Entwicklung anzunehmen im Stande ist, sich die ganze Pflanze zusammensetzt, und dann erst werden wir uns mit Nutzen zu einer Betrachtung des Lebens der ganzen Pflanze in ihren Hauptperioden vom Keimen bis zur Samenreife und zum Absterben wenden können.

Noch muß ich hier aber hervorheben, daß Alles, was im Folgenden vorgetragen ist, sich, wo nicht ausdrücklich etwas Anderes angegeben ist, ausschließlich auf die gewöhnlichen Cultur- und Nutzpflanzen und die bekannteren Pflanzen unserer Gegenden bezieht und daß namentlich die geschlechtslosen Pflanzen oder sogenannten Kryptogamen, z. B. Farrnkräuter, Mooſe u. ſ. w. von diesen Betrachtungen ausgeschlossen sind.

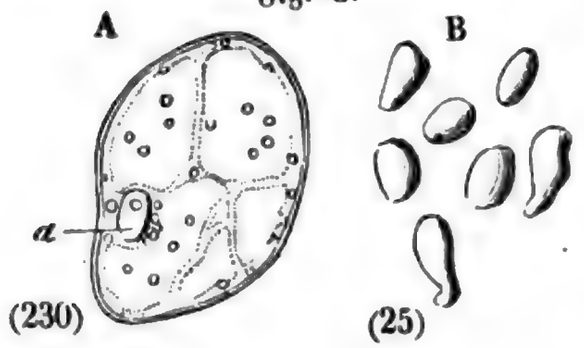
Erſter Abſchnitt.

Phyſiologie der Pflanzenzelle.

I. Die vollkommene Zelle.

§. 1. Wenn man von dem in unſeren Parkanlagen jetzt ſo häufig gezogenen Strauche, die Schneebeere*) genannt, eine reife Beere nimmt und davon die äußere derbere Schale abzieht, ſo entdeckt man unter derſelben eine blendend weiße, aus kleinen glänzenden Körnern beſtehende Subſtanz, bringt man davon etwas in Waſſer vertheilt unter das Mikroſkop, ſo erkennt man darin lauter rundliche, etwas unregelmäßige, unzuſammenhängende Bläschen, die einen faſt waſſerhellen, nur wenig körnigtrüblichen Inhalt haben (Fig. 3. *B.*).

Fig. 3.



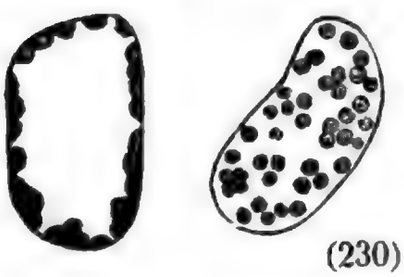
Bei 200maliger Vergrößerung erkennt man aber, daß das Bläschen nicht ſo einfach iſt, als es anfänglich ſchien. An irgend einem Theile der Wand bemerkt man einen länglich runden flachen Körper, der gelblich gefärbt erſcheint und noch ein bis drei kleine Kerne enthält (Fig. 3. *A*, *a*.). Dieſen Körper nennt man den Zellenkern; von ihm aus laufen zarte gelbliche Streifchen, die ſich netzartig verbinden, an der inneren Fläche der Wand des Bläschens hin und man erkennt bald, daß die ganze Wand inwendig mit einer halbflüſſigen ſchleimig körnigen Subſtanz in einer dünnen Lage ausgekleidet iſt, und daß jene Streifchen nur etwas dicke Stellen dieſer Auskleidung ſind. Die übrige Höhlung des Bläschens iſt mit einer waſſerhellen Flüſſigkeit erfüllt, in welcher man nun hin und wieder einige wenige kleine

*) Symphoricarpos racemosa.

Digitized by Google

Körnchen erkennt. Befeuchtet man diese Zellen mit Jodtinctur und dann mit Schwefelsäure, so nimmt Alles ein anderes Aussehen an. Die äußere Wand des Bläschens erscheint nunmehr schön blau gefärbt und besteht also aus Zellstoff. Die flüssige Auskleidung ist geronnen, hat sich zusammengezogen und deshalb von der Wand der Zelle entfernt, so daß sie wie ein kleines zusammengefaltetes Säckchen lose im Inneren der Zellenhöhle liegt, aber sämmtliche Körnchen, die sich vorher in der Zelle befanden, einschließt. Da diese Auskleidung sich durch die Einwirkung der Jodine braungelb gefärbt hat, da sie durch concentrirte Salpetersäure goldgelb, durch Chlorwasserstoffsäure nach und nach blaßviolettblau wird, so können wir nicht daran zweifeln, daß sie aus Eiweiß, Faserstoff oder Käsestoff, oder wenigstens aus einer nahe verwandten stickstoffreichen Substanz (Bd. II. §. 38. — 43.) besteht. Fast ganz dieselben Erscheinungen zeigen sich, nur minder klar, wenn man statt der Schneebeere, eine reife Mispel*), eine Beere vom Weißdorn**), noch schöner, wenn man eine reife Frucht des Warzencactus***) wählt. Ueberall findet man die aus Zellstoff gebildete Wand, die stickstoffhaltige Auskleidung derselben, und einen durchsichtigen flüssigen Inhalt. Etwas anders findet man die Sache in folgendem Falle. Das Blatt einer gewöhnlichen Gartennelke ist von einer fast lederartig zähen Haut bedeckt; wenn man diese abzieht, oder vorsichtig mit dem Messer abschält, so zeigt sich unter derselben ein gesättigt grünes sammetartiges Gewebe, von welchem man leicht etwas mit einem kleinen Messer abschaben und unter das Mikroskop bringen kann. Hier erkennt man wiederum nur vereinzelte Zellen, ebenfalls mit einer stickstoffhaltigen Auskleidung und einem flüssigen Inhalte versehen. Man entdeckt aber auch zugleich die Ursache der grünen Färbung, indem die ganze Zelle mit lebhaft grün gefärbten Körnchen erfüllt erscheint (Fig. 4. rechts). Stellt man aber das Mikroskop so, daß man weder die obere, noch die untere Fläche der Zelle, sondern nur die Mitte derselben deutlich sehen kann, so überzeugt man sich bald, daß der innere Raum der Zelle von grünen Körnern frei ist, und daß diese ausschließlich an die innere Fläche der stickstoffhaltigen Auskleidung angeklebt liegen (Fig. 4. links). Auf gleiche Weise verhält es sich mit allen grünen Zellen der

Fig. 4.



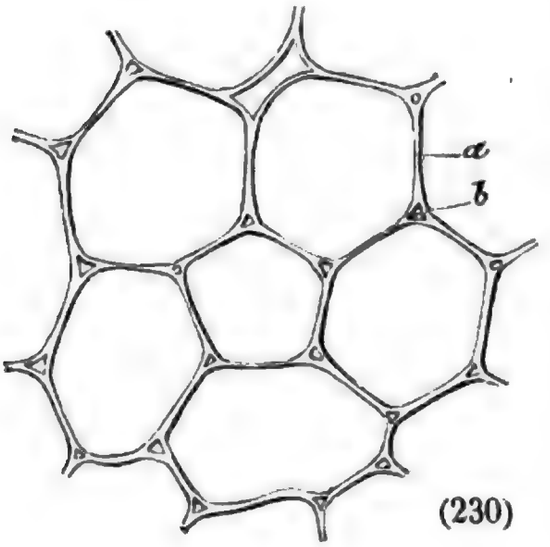
(230)

*) Mespilus germanica.
**) Crataegus oxyacantha.
***) Mamillaria.

Digitized by Google

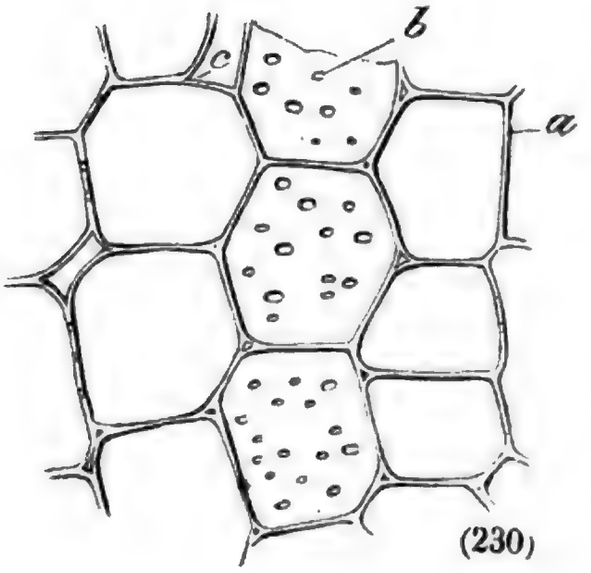
Pflanzen. Hier und in einigen anderen Fällen ist es leicht, die vereinzelten Zellen zu beobachten, in den meisten Pflanzen und Pflanzentheilen sind aber die Zellen so unter einander verbunden, daß man sie nur durch Hülfe der Fäulniß oder der Salpetersäure, oft nur mit kochender Salpetersäure von einander trennen kann; unter einander zu einem zusammenhängenden Gewebe verbundene Zellen nennt man Zellgewebe. Man giebt sich aber selten die Mühe, die Zellen aus dem Zellgewebe auf die angegebene Weise zu trennen, und macht lieber, um sie zu beobachten, feine Längs- und Querschnitte. Die Zellen bilden dann häufig ein Netz mit ziemlich regelmäßigen Maschen, wie z. B. im Kohlstrunke (Fig. 5.). Die an einander liegenden Wände sind dann so fest mit einander verbunden, daß sie nur wie eine erscheinen (Fig. 5. *a*.). Nur an den Kanten der Zellen bleiben kleine, häufig dreieckige Räume zurück, wo die Zellen nicht ganz genau in einander schließen (F. 5. *b*.); man nennt sie, wenn sie enge und ziemlich regelmäßig sind, Zwischenzellen-(Intercellular-)gänge, wenn sie größer und unregelmäßig erscheinen, Zwischenzellen- (Intercellular-) räume (Fig. 6. *c*.).

Fig. 5.



(230)

Fig. 6.



(230)

Bei ziemlich gleich großen Zellen, die vereinzelt gedacht sich der Kugelform annähern würden, erscheinen der Längs- und Querschnitt des Zellgewebes ziemlich gleich (Fig. 5. Querschnitt, Fig. 6. Längsschnitt). Häufig ist dies aber auch nicht der Fall, wovon weiter unten zu reden ist. Auf diese Weise bekannt mit der Zelle und ihren Theilen können wir nun diese im Einzelnen genauer betrachten.

Digitized by Google

II. Die Wand der Zelle.

§. 2. Die eigentliche Zellenwand besteht, wie gesagt, stets aus Zellstoff (vgl. Bd. II. §. 5. u. 6.); dieser ist im reinen Zustande immer farblos und vollkommen durchsichtig, biegsam und etwas elastisch. Unzersetzt löst er sich in keiner Flüssigkeit auf, aber ist fähig eine gewisse Menge jeder Flüssigkeit in sich aufzunehmen, gleichsam aufzulösen, ohne daß Löcher oder Canäle in ihm wären. Man bezeichnet diese Eigenschaft als Durchdringlichkeit. Wasser und in Wasser gelöste Stoffe gehen auf diese Weise leicht durch die Zellenwand durch, wenn dieselbe von der einen Seite mit Wasser in Berührung ist, während dasselbe ihr auf der anderen Seite, etwa durch Verdunstung sogleich wieder entzogen wird. Dies ist z. B. der einfache Vorgang beim Verwelken eines Pflanzentheils. Wenn man ein kleines Schnittchen aus einer Kartoffel sorgfältig im Wasser abspült, um alles anhängende Stärkemehl zu entfernen, und es dann mit Jodine befeuchtet, so werden doch die in den unverletzten Zellen eingeschlossenen Stärkemehlkörner ebenso augenblicklich blau gefärbt, als wenn sie ganz frei dalägen.

Als völlig unlöslich in den gewöhnlichen Lösungsmitteln, ist die ausgebildete Zellenwand auch völlig unfähig, in irgend einer Weise der Ernährung des Thieres zu dienen.

Die unveränderte Zellenwand ist stets sehr zart, von höchst unbeträchtlicher Dicke; wo man irgend dickwandige Zellen antrifft, darf man überzeugt sein, daß schon eine wesentliche Veränderung mit der Zellenwand vorgegangen ist, wovon im Folgenden (§. 17.) die Rede sein soll.

III. Der Inhalt der Pflanzenzelle.

§. 3. Das was die Zelle ausfüllt, verdient vor Allem unsere genauere Untersuchung, denn die darin enthaltenen Stoffe sind es gewöhnlich, um deretwillen wir die Pflanzen sammeln und cultiviren, nur bei Brenn- und Nutzholz und bei den dem Pflanzenreich entlehnten Gespinnststoffen ist es die Zellenwand selbst, die Werth für uns hat. Der Inhalt der Zelle zerfällt aber nach seiner Bedeutung für das Leben der Zelle in zwei wesentlich verschiedene Abtheilungen, die eine umfaßt den Zelleninhalt im

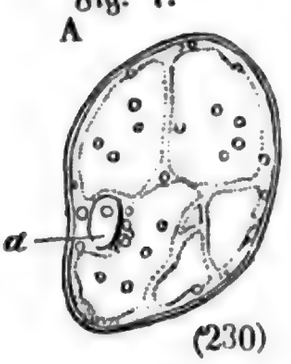
Digitized by Google

engeren Sinne des Wortes, den Zellensaft und die darin aufgelöste Substanzen und die im Zellensaft unlöslichen, in der Zelle enthaltenen organischen und unorganischen Substanzen. Die zweite Abtheilung begreift die stickstoffhaltige Auskleidung der Zellenwand, und man ist fast ebenso sehr berechtigt, diese Schicht für einen Theil der Zellenwand selbst zu erklären, obwohl sie in den meisten Fällen keine feste, sondern eine halbfeste, schleimige Substanz ist. Beide Abtheilungen verdienen eine aufmerksame Untersuchung, sowie man auch zweckmäßig den flüssigen aufgelösten und den unaufgelösten Inhalt besonders in Betracht zieht.

A. Die stickstoffhaltige Auskleidung.

§. 4. In den verschiedenen Pflanzen und den verschiedenen Zellen ist die Lage halbflüssigen Schleimes, welche die innere Fläche der Zellenwand bekleidet, sehr verschieden. Bald ist sie völlig farblos und ohne Reagentien gar nicht zu erkennen, bald mehr oder weniger gelblich gefärbt, bald sehr dünn, bald sehr dick, in den meisten Fällen völlig unlöslich in Wasser, in ähnlicher Weise wie der thierische Schleim, aber ebenso wie dieser im Wasser aufquellend. Zuweilen ist sie ganz gleichartig, zuweilen erscheint sie wie aus schleimigen Körnchen zusammengeflossen. Gewöhnlich schließt sie an irgend einer Stelle den oben schon erwähnten Zellenkern (Fig. 7, *a*.) ein, der als eine nur mehr verdichtete Stelle dieser Schicht erscheint. Um so deutlicher ist dieser Zellenkern, je jünger die Zelle und je größer ihre Lebensthätigkeit ist, und wahrscheinlich steht er mit der ersten Entstehung der Zelle in einem wesentlichen noch nicht vollkommen erforschten Zusammenhang.

Fig. 7.



(230)

In den meisten recht lebenskräftigen Zellen ist die stickstoffhaltige Schicht nicht überall gleich dick. Man erkennt in ihr dickere Streifen, welche eine netzförmige Zeichnung auf der Wand der Zelle bilden (Fig. 7.) In einigen Fällen gehen sogar Fäden derselben Substanz quer durch die Zelle bis zur entgegengesetzten Wand. Bei recht lebenskräftigen Zellen, z. B. in der Schneebeere, in den Zellen der Staubfadenhaare bei der Tradescantia, in den Haaren der jungen Blätter der Kartoffel, und an unzählig anderen Pflanzen zeigt diese Schicht ein wunderbares, bis jetzt noch völlig unerklärtes Schauspiel. Man sieht nämlich unter einem guten Mikroskope, daß jene dickeren Streifen nicht in Ruhe, sondern in beständiger fortschreitender Bewegung begriffen sind. Sie erscheinen als kleine Strom-

Digitized by Google

chen, und man erkennt dieſe Bewegung leicht an dem raſchen Fortrücken äußerſt feiner ſchwarzer Pünktchen (keiner Körnchen), welche durch die gelbliche Flüſſigkeit fortgeführt werden. An den Staubfadenhaaren der Tradescantia virginica, crassula und anderer kann man dieſe Bewegung leicht mit der 120maligen Vergrößerung der oben empfohlenen Mikroſkope beobachten. Man nimmt zu dem Ende einen Staubfaden aus einer eben geöffneten Blume, breitet die langen Haare an demſelben vorſichtig mit der Nadel im Waſſer aus und bedeckt dann das Ganze mit einem Deckgläschen. Vorzüglich hat man darauf zu achten, daß nicht zu viel Luft zwiſchen den Haaren eingeſchloſſen bleibt. Die kleinen Strömchen ändern aber beſtändig, oft unter den Augen des Beobachters ihre Bahn, und ſo nimmt nach und nach die ganze Schicht an dieſer Bewegung Theil. In der That iſt bei einigen Waſſerpflanzen, z. B. bei den Armleuchtern (Chara) und der in Italien in Gräben wachſender Vallisneria die ganze und zwar auffallend dicke Schicht in einer einfachen, die Mitte der Zelle gleichſam umkreiſenden Bewegung begriffen. Es giebt wenig Anſchauungen durch das Mikroſkop, welche geeignet ſind, den ſinnigen Beobachter ſo lange zu feſſeln, wie dieſe, welche uns einen Blick in das geheimſte Leben der Natur zu geſtatten ſcheint. Der Zellenkern ſcheint auch dieſer Bewegung nicht fremd zu ſein, wenigſtens liegt er niemals außerhalb der Strömchen, in ſeltenen Fällen wird er ſogar von dem Strome mit fort bewegt.

Wie ſchon oben bemerkt, kann man dieſe ſtickſtoffhaltige Schicht auch da, wo ſie an ſich ſo durchſichtig iſt, daß ſie ſich unſerer Beobachtung entzieht, leicht dadurch ſichtbar machen, daß man die Zelle mit einer Säure oder einer Auflöſung von Jodine in Alkohol befeuchtet, wodurch dieſe Subſtanz, dem Eiweiß ähnlich, zum Gerinnen gebracht wird, und indem ſie ſich zuſammenzieht und dadurch von der Zellenwand entfernt, nunmehr deutlich als ein zuſammengefallenes, in der Zelle liegendes Säckchen erkannt wird.

Nicht unerwähnt darf hier bleiben, daß wir noch einen Beweis haben dafür, daß dieſe Schicht mit dem Leben der Zelle im allerinnigſten Zuſammenhange ſteht und als einer ihrer weſentlichſten Beſtandtheile angeſehen werden muß. Wenn nämlich eine Zelle erkrankt, mag es nun, wie beim Kornbrand, ein regelwidriger Zellenbildungsproceß ſein, welcher in ihr beginnt, oder mag ſie aus irgend welcher Urſache einem Fäulnißproceß entgegengehen, wie in der gegenwärtig herrſchenden Kartoffelkrankheit, oder beim Faulwerden des Obſtes, ſo iſt es ſtets dieſe ſtickſtoffhaltige Auskleidung, welche durch ihre Veränderung die erſten Spuren der Krankheit verräth, oft ſchon lange vorher, ehe das unbewaffnete Auge noch irgend eine Veränderung des Gewebes wahrzunehmen im Stande

ist. Die Schicht verfärbt sich, wird dunkler, erscheint deutlicher körnig als früher und zieht sich entweder von selbst von der Zellenwand zurück, oder durchdringt die Zellenwand selbst, so daß dieselbe mit Jod und Schwefelsäure behandelt nicht mehr blau, sondern grün oder gar gelb gefärbt wird.

Auch gegen das Ende des Lebens der einzelnen Zelle, wenn dieselbe anfängt weiterer Fortbildung unfähig zu werden, wenn der bis dahin lebhafte chemische Bildungsproceß in ihr erlischt, ist es zuerst diese Schicht, welche das herannahende Ende des Zellenlebens verkündet; sie wird immer mehr und mehr undeutlich und verbindet sich immer enger mit der Zellenwand selbst, indem sie, wie es scheint, im aufgelösten Zustande bald mehr, bald weniger tief in dieselbe eindringt.

B. Der flüssige, in Wasser aufgelöste Inhalt der Zelle.

§. 5. Außer der Zellenwand, der stickstoffhaltigen Auskleidung und manchen in Wasser unlöslichen Substanzen, welche unter dem Mikroskope sogleich erkannt werden, enthält jede lebendige Zelle noch eine klare durchsichtige, gewöhnlich farblose, in einigen Fällen, z. B. in rothen Beeren, blauen Blumen u. s. w. durch einen aufgelösten Farbestoff gefärbte Flüssigkeit, den Zellensaft. Derselbe enthält, so weit es möglich ist, es zu bestimmen, in allen Fällen aufgelöstes Eiweiß (Bd. II, §. 39.), aufgelösten Zucker (Bd. II, §. 14 — 19.), und aufgelöstes Gummi (Bd. II, §. 10. — 12.). Eiweiß und Gummi kann man leicht in der einzelnen Zelle durch passende Reagentien nachweisen, der Zucker giebt sich nur da, wo er in größerer Menge vorhanden ist, durch den Geschmack zu erkennen, oder muß im Großen in dem ausgepreßten Saft einer großen Menge von Zellen nachgewiesen werden. Neben diesen indifferenten Pflanzenstoffen enthält der Saft stets noch einige Salze aufgelöst und zwar meistentheils Alkalien an Chlor, Schwefelsäure, Kohlensäure (?), Oxalsäure, Weinsäure, Citronensäure und Apfelsäure (Bd. II, §. 63. — 69.) gebunden. Auch diese lassen sich nur im Großen in dem ausgepreßten Safte nachweisen. Nur Schwefelsäure, Chlor und Oxalsäure kann man zuweilen, wo sie in größerer Menge vorkommen, z. B. Chlor in den sogenannten Salzpflanzen am Seestrande und an Salinen, Oxalsäure im Sauerklee*) und

*) Oxalis acetosella, stricta, corniculata etc.

Digitized by Google

im Sauerampfer*) auch durch passende Reagentien in der Zelle selbst nachweisen.

Man darf sich indessen die Sache keineswegs so vorstellen, als ob dieser Zellensaft überall und immer ganz gleich zusammengesetzt wäre. Es finden hierbei vielmehr die größten Verschiedenheiten Statt, indem für die drei zuerst genannten organischen Stoffe insbesondere die Mengenverhältnisse der einzelnen Substanzen bedeutenden Abänderungen unterworfen sind, die Salze aber sowohl der Art als den Mengenverhältnissen nach für verschiedene Pflanzen und Pflanzentheile große Mannichfaltigkeit zulassen. Bald sind Kali und Natron zusammen vorhanden, bald vertritt das eine die Stelle des anderen. Immer sind mehrere Säuren gleichzeitig gegenwärtig, und zwar sowohl organische als unorganische, aber es ist nicht nothwendig, daß es immer und überall dieselben wären. In den recht lebendigen und bildungsfähigen Zellen scheint stets ein kleiner Antheil Ammoniak und ein geringer Gehalt an Kohlensäure vorzukommen. In den meisten noch kräftig-vegetirenden Zellen endlich sind diese Stoffe nicht in Ruhe, sondern in beständigen chemischen Veränderungen begriffen.

C. Der feste oder doch nicht in Wasser gelöste Inhalt der Pflanzenzelle.

Außer den genannten Stoffen enthalten die meisten Zellen noch man- §. 6.
nichfache Stoffe, die das Mikroskop an sich schon augenblicklich erkennen läßt, weil sie vom Zellensaft nicht aufgelöst sich sogleich durch Form, Farbe, lichtbrechende Kraft, u. s. w. von demselben unterscheiden. Sie sind noch bei weitem mannichfaltiger, als die im Zellensaft gelösten Stoffe, noch verschiedenartiger in den Zellen vertheilt, indem bald diese, bald jene Stoffe, bald mehrere, bald nur einzelne von ihnen sich in den Zellen vorfinden. Manche stehen in einem engen Verhältniß zu einander, indem sie gleiche Bedeutung für das Leben der Pflanze zu haben scheinen, sich gegenseitig vertreten können, und daher sich gegenseitig ausschließen, so z. B. die Proteinsubstanzen (Bd. II, §. 38.), oder Stärkemehl (Bd. II, §. 7., 8.), Inulin (Bd. II, §. 9.) und fette Oele (Bd. II, §. 29. — 32.) oder Wachs (Bd. II, §. 26. — 28.), Harz und flüchtige Oele (Bd. II, §. 33. — 37.). Manche finden sich fast in jeder Zelle zu irgend einer Zeit ihres Lebens, z. B. Stärkemehl, fette Oele, Wachs; andere kommen immer nur in gewissen Zellen regelmäßig, in manchen Zellen zufällig, in vielen Zellen niemals vor, z. B. der grüne Farbestoff oder das Chlorophyll (Bd. II, §. 50.), welches immer in den Zellen

*) Rumex acetosa, acetosella, scutatus etc.

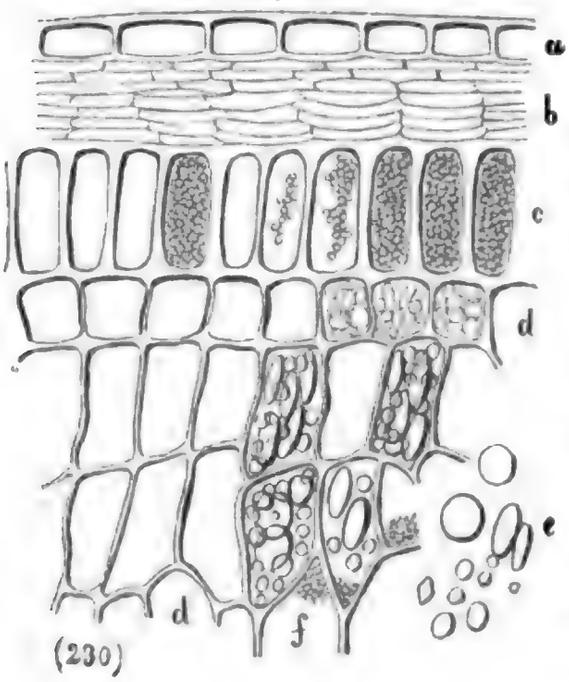
Digitized by Google

der Blätter und der jungen Rinde, zufällig in den Kartoffeln, die dem Licht ausgesetzt sich bilden, niemals im Holz und dem Bildungsgewebe des Stengels vorkommt. Viele von diesen Stoffen verdienen eine ausführliche Betrachtung.

a. Die stickstoffhaltigen Pflanzen. (Bd. II, §. 38—43.)

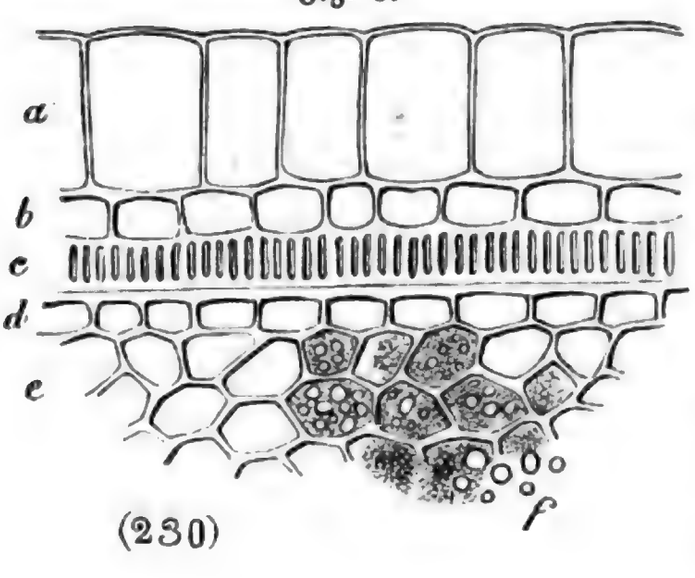
§. 7. Außer der schon erwähnten Auskleidung der Zellenwand kommt in gar vielen Zellen oft allein, oft neben Stärkemehl, Oel oder dergleichen noch stickstoffhaltige Substanz in halbfester Form vor, so z. B. ohne Beimengungen in den äußeren Zellen des Eiweißkörpers bei den Getreidearten (Fig. 8. c.), in einzelnen Zellen des Keimpflänzchens bei Erbsen und Bohnen, dagegen in den übrigen Zellen des Eiweißkörpers des Getreides und in den Erbsen und Bohnen neben Stärkemehl, oder in den Zellen des Keimpflänzchens bei den Kohlarten, den Mandeln und so weiter neben fettem Oel (Fig. 9. *f.*). Die chemischen Verschiedenheiten dieser Substanzen als Kleber, Legumin, Emulsin und so weiter kann man mit Hülfe des Mikroskopes allein nicht erkennen. Die Stoffe erscheinen stets in halbflüssig schleimiger Form, aus mehr oder weniger zusammenfließenden Körnchen zusammengesetzt, und mit graulichgelber Farbe; durch alkoholische Jodlösung werden sie stets coagulirt und lebhaft gelbbraun gefärbt. Sie nebst der stickstoffhaltigen Auskleidung und dem im Zellensafte gelösten Eiweiß sind eigentlich allein das Ernährende in allen Pflanzentheilen; je reicher eine

Fig. 8.



(230)

Fig. 9.



(230)

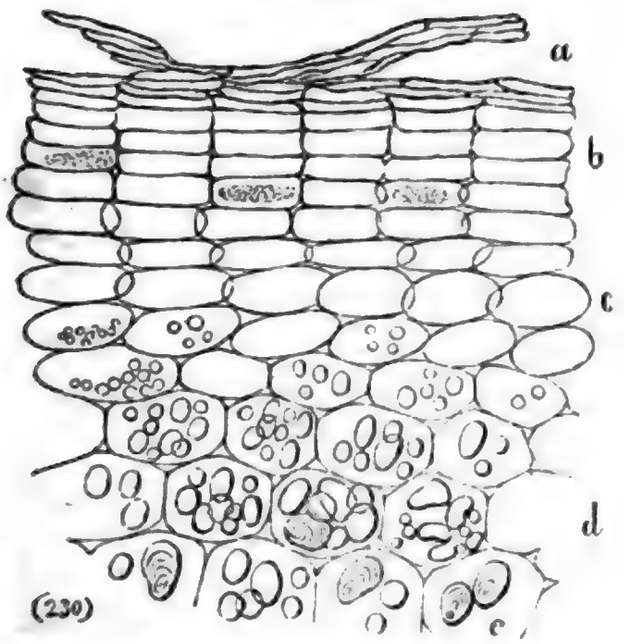
Digitized by Google

Pflanze an diesen Substanzen ist, desto nahrhafter ist sie für Menschen und Thiere.

b. Das Stärkemehl. (Bd. II, §. 78)

§. 8. Es giebt einige Pflanzen, von denen aber keine für unsere landwirthschaftliche Technik von Bedeutung ist, in welchen die Stärke umgeformt als Kleister vorkommt. In allen technisch wichtigen Pflanzen dagegen findet sich das Stärkemehl in Form kleiner glänzender Körnchen, von sehr verschiedener Gestalt und Größe. Ich will zunächst genauer das am meisten bekannte und zugleich am leichtesten zu untersuchende Kartoffelstärkemehl beschreiben, und dann eine kurze Uebersicht der anderen wichtigeren Stärkemehlarten darauf folgen lassen.

Fig. 10.

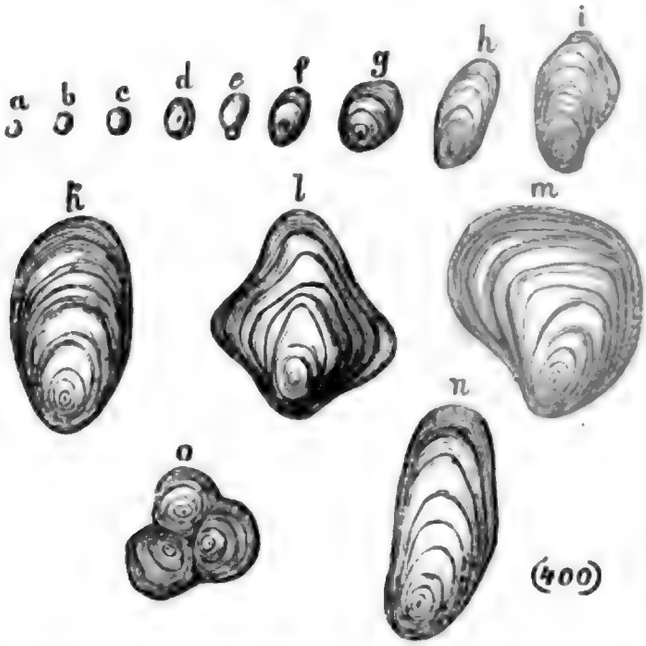


Ein feiner Querschnitt (Fig. 10.), aus einer frischen gesunden Kartoffel zeigt Folgendes. Zu äußerst sind einige Lagen ganz flach gedrückter bräunlicher Zellen, die sich zuweilen in einzelnen Fetzen ablösen, *a*. Man nennt sie gewöhnlich die Oberhaut der Kartoffel, botanisch sind sie aber als Borke zu bezeichnen, denn die Oberhaut ist an der reifen Kartoffel längst zerstört. Diese äußersten Schichten bestehen aus völlig abgestorbenen Zellen, an welche sich weiter nach innen noch lebendige Borkenzellen *b* anschließen, welche zuweilen einen feinkörnigen Inhalt zeigen, meist aber nur eine klare Flüssigkeit enthalten. Weiter nach innen gehen sie allmälig in die äußeren *c*, und durch diese in die inneren Rindenzellen *d* über. Mit diesen letzteren stimmen auch die Markzellen der Kartoffel vollkommen überein. In diesen Zellen liegen die Stärkekörner ungefähr zu 15 bis 20 und zwar größere und kleinere vermengt in derselben Zelle. Die kleineren Körner sind rundlich, die größeren fast regelmäßig eiförmig. In den äußersten Zellen findet man fast nur kleine Körner, weiter nach innen zu aber immer mehr größere beigemengt. Ganz junge Kartoffeln enthalten ebenfalls nur kleine Körner, und diese scheinen mit der Kartoffel zu wachsen. Stellt man die Körner nach ihrer

Digitized by Google

Größe zusammen (Fig. 11. *a* bis *i*), so hat man gleichsam eine Entwicklungsgeschichte der Stärkemehlkörner vor sich.

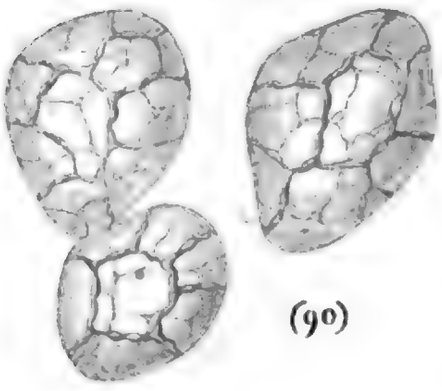
Fig. 11.



(400)

Schon an sehr kleinen Körnern erkennt man, daß sie nicht durch und durch gleichartig, sondern aus übereinanderliegenden Schichten zusammengesetzt sind (Fig. 11. *f* bis *i*). Noch deutlicher sieht man dies an den völlig erwachsenen Körnern (Fig. 11. *k* bis *n*). Die Schichten sind von sehr ungleicher Dicke und selbst eine und dieselbe Schicht ist nicht überall gleich dick, sondern vorzugsweise an einer Seite sehr dünn, so daß der immer sehr deutlich zu erkennende Punkt, um welchen die Schichten sich abgelagert haben, stets an einer Seite des Korns und nicht in der Mitte desselben liegt. Zuweilen kommen abweichende Bildungen vor, indem sich zwei (*e*) oder drei (*o*) Körner mit einander vereinigt haben (Letzteres ist in der Zwiebel der Herbstzeitlose sogar die Regel). Ein geübtes Auge erkennt bei genügender Vergrößerung sehr bald, daß jener Punkt, um welchen die Schichten geordnet sind, eine kleine mit einer Flüssigkeit gefüllte Höhle darstellt, und deshalb beim völlig ausgetrockneten Korn als eine kleine lufterfüllte Höhle erscheint. An der verschiedenen lichtbrechenden Kraft (der verschiedenen Helligkeit) der einzelnen Schichten sieht man, daß sie von verschiedener Dichtigkeit sind, und im Allgemeinen sind die innersten Schichten am wenigsten dicht, d. h. am meisten wasserhaltig; jedoch ist dieser Unterschied gerade bei der Kartoffelstärke im Ganzen sehr unbeträchtlich.

Fig. 12.



(90)

Kocht man eine gute Kartoffel, so trennen sich die einzelnen Zellen von einander (das sogenannte Mehligwerden der Kartoffeln). (Fig. 12.) Die Stärkekörner in jeder Zelle quellen auf und füllen den Raum völlig aus bis auf kleine netzförmig verbundene Streifen, welche aus dem im Zellensafte gelöst gewesenen und durch das Kochen geronnenen Eiweiß

Digitized by Google

beſtehen, wie es die 3 in Fig. 12. dargeſtellten Zellen einer gekochten Kartoffel zeigen.

Röſtet man Kartoffelſtärkemehl vorſichtig auf heißem Blech, ſo nimmt es eine bräunliche Farbe an, und wird theilweiſe auflöslich in Waſſer (Bd. II, §. 7.). Bringt man es in dieſem Zuſtande unter das Mikroſkop, ſo erkennt man zwei ſehr verſchiedene Verhältniſſe. Bei einem Theil der Körner haben ſich die Schichten von einander getrennt, und zum Theil gleichſam wie die Schalen einer Zwiebel abgeblättert (Fig. 13. *a* bis *c*), bei einem anderen Theil dagegen ſind die Schichten faſt völlig verſchwunden (Fig. 13. *d* bis *g*), und die Körner ſind blaßgelb, oder blaßbräunlich und außerordentlich durchſichtig geworden. Beſonders die erſte Art der Veränderung iſt ſehr geeignet, die Zuſammenſetzung des Stärkekorns aus übereinanderliegenden Schichten ſehr anſchaulich zu machen.

Fig. 13.

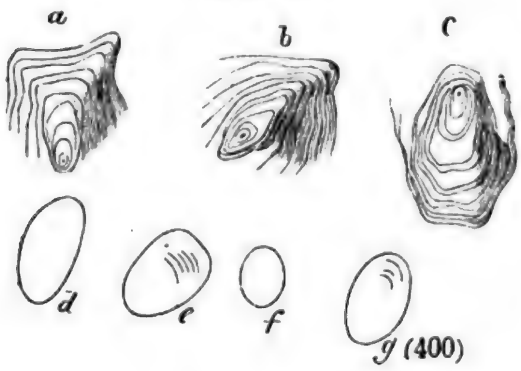
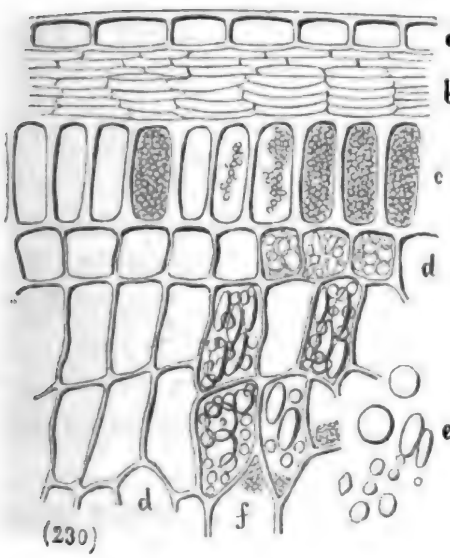
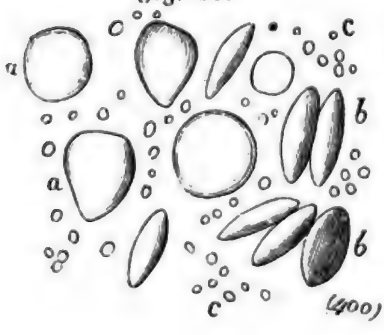


Fig. 14.



Bei den gewöhnlichen Getreidearten, nämlich beim Roggen, (Fig. 14. *d*, *d*, *e*), Weizen, Hafer und der Gerſte liegen die Körner ähnlich in den Zellen wie bei der Kartoffel, laſſen ſich aber leicht von der Kartoffelſtärke unterſcheiden. Es ſind in jeder Zelle ſtets einige ganz große linſenförmige und eine größere Anzahl ganz kleiner unregelmäßiger Körner vorhanden, ohne daß man deutlich Mittelſtufen wahrnähme. Die 15te Figur zeigt die Stärkekörner der Gerſte und zwar die größeren Körner bei *a* von der Fläche, bei *b* von der Kante geſehen, bei *c* die kleineren Körner. Beim

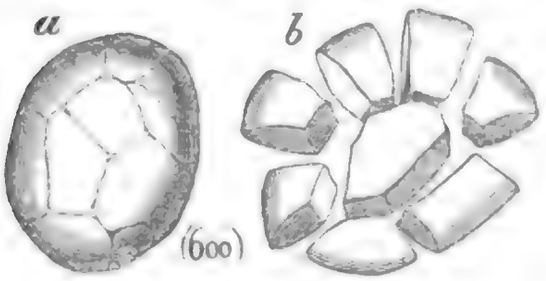
Fig. 15.



Digitized by Google

Weizen und Roggen ist die Stärke ganz ebenso. Schichtenbildung nimmt man nur selten an einzelnen Körnern wahr, aber dann ist sie auch meistentheils sehr regelmäßig. Auch die Haferstärke erscheint beim ersten Anblick ganz ebenso, wenn man aber genauer zusieht, erkennt man auf den größeren Körnern eine schwache netzförmige Zeichnung (Fig. 16. *a*), und bei leichtem Drucke mit einem Deckgläschen zerspringen sie in viele scharfkantige Stücke (Fig. 16. *b*).

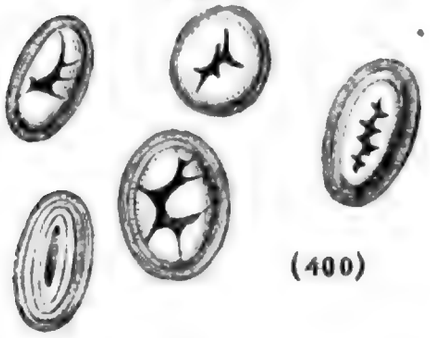
Fig. 16.



Beim Mais sind die Stärkekörner alle ziemlich gleich groß und rundlich, aber in jeder Zelle so gedrängt, daß sie sich durch gegenseitigen Druck an den Berührungsflächen abplatten. Beim Reis endlich füllt die Stärke wie eine einzige große dichte Masse die ganze Zelle aus, und erst bei Anwendung von Druck zerfällt dieselbe in zahlreiche kleine, ganz scharfkantige Stücke.

Die Stärkekörner der Erbsen, Wicken, Linsen, weißen Bohnen (Fig. 17.) und der verwandten Pflanzen sind meist rundlich oder länglich rund. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß die inneren Schichten außerordentlich viel wasserhaltiger sind als die äußeren; man erkennt daher auch nur die äußeren deutlich. Beim Austrocknen ziehen sich die inneren Schichten stark zusammen und zerreißen, und man findet deshalb in den Stärkekörnern aus trockenen Hülsenfrüchten immer eine mit Luft erfüllte, unregelmäßig sternförmige Höhle (Fig. 17.).

Fig. 17.



Dies mag genügen, um auf die verschiedenen charakteristischen Formen der Stärke aufmerksam zu machen.

Die Stärke findet sich zu irgend einer Zeit in jedem Pflanzentheil und fast in jeder Zelle, aber es sind doch vorzugsweise einige Orte, wo sie in so großer Menge vorkommt, daß wir einen ökonomischen oder technischen Gebrauch davon machen können. Dies sind außer dem Mark einiger Tropenpflanzen (wie bei den Sagopalmen) fast nur diejenigen Organe, welche bestimmt sind, für eine gewisse Zeit ohne Vegetation zu ruhen, namentlich die Knollen, Zwiebeln und Samen. Im Herbste lagert sich aber bei uns auch in der innersten Rinde und dem äußersten Holz der Bäume eine so große Menge Stärkemehl ab, daß man in Zeiten

Digitized by Google

der Hungersnoth zu diesem kärglichen Nahrungsmittel hat seine Zuflucht nehmen können.

c. Pflanzengallerte und Pektin. (Bd. II, §. 13. und 70.)

§. 9. In vielen Zellen findet sich selten ganz allein, gewöhnlich neben mehr oder weniger Stärkemehl und dasselbe einschließend ein Stoff, der fast nur durch seine völlige Durchsichtigkeit zu erkennen ist. Es ist eine von Wasser durchdrungene und darin aufgequollene, aber niemals aufgelöste Gallerte, gewöhnlich noch so wenig mit Wasser gesättigt, daß es dasselbe mit Begier auffaugt, sobald Wasser mit der Zelle in Berührung kommt, davon oft bis auf den dreifachen Umfang aufschwillt und so die Zelle sprengt. Uebrigens kommt diese Substanz in sehr verschiedenen Modificationen bald mit mehr, bald mit weniger Wasser verbunden, bald reiner, bald unreiner vor und geht einerseits durch Zwischenstufen in Gummi und Tragant, andererseits durch den Hauptbestandtheil der Saleps (in den Orchideenknollen) in Stärkemehl, endlich noch andererseits in Zellstoff über. Eine eigenthümliche Modification davon ist die Gallert- oder Pektinsäure. Die Pflanzengallerte findet man in allen zuckerreichen und stärkemehlarmen Pflanzentheilen, in fleischigen Wurzeln und Früchten, in größter Menge in der sogenannten süßen Kartoffel oder Batate*).

d. Inulin. (Bd. II, §. 9.)

§. 10. Der scheinbar ganz klare, wasserhelle Zellsaft der Georginenknollen, der Alantwurzel**), der Löwenzahnwurzel, der Topinambourknollen enthält gleichwohl einen eigenthümlichen festen, nicht aufgelösten Stoff, das Inulin. Bei der Gegenwart von einer wässerigen Flüssigkeit kann man dasselbe, obwohl es in Form kleiner Körnchen zugegen ist, durchaus nicht entdecken. Es besitzt nämlich so genau dieselbe lichtbrechende Kraft des Wassers und des wässerigen Zellsaftes, daß es optisch nicht von demselben zu unterscheiden ist. Man kann es indeß gerade sowie das Stärkemehl aus den genannten Pflanzentheilen durch Ausschlämmen gewinnen. Bis jetzt nur noch aus einer geringen Anzahl von Pflanzen untersucht, scheint es doch ein sehr allgemein verbreiteter Pflanzenstoff zu sein, und vielleicht in den wenigsten Zellen zu fehlen.

---

*) Batatas edulis.

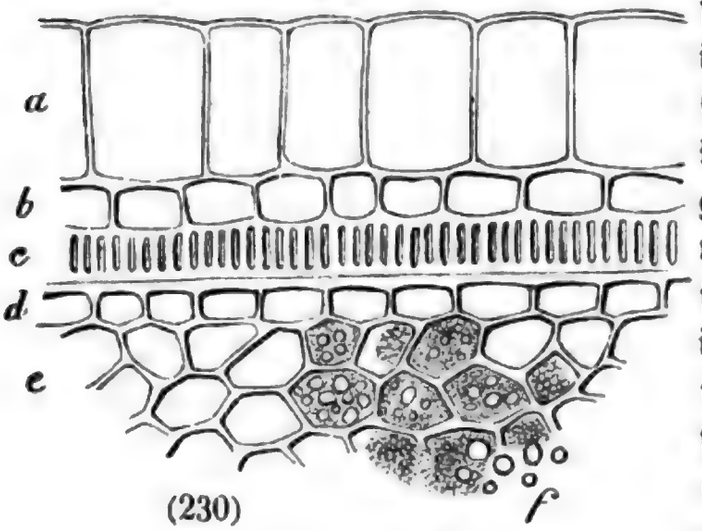
**) Inula helenium.

Digitized by Google

e. Fette Oele. (Bd. II, §. 29. — 32.)

§. 11. Ganz an denselben Stellen, wo in einem Theil der Pflanzen Stärkemehl vorkommt, findet man in anderen fettes Oel, gewöhnlich neben einer großen Menge von stickstoffhaltiger Substanz, z. B. im Leinsamen (Fig. 18, *f*.). Es erscheint stets in Gestalt kleiner heller oder dunkler gelbgefärbter Kügelchen, die mit einem schmalen, aber sehr schwarzen Schatten umgeben, in der Mitte dagegen auffallend hell sind. Wenn man sie aufmerksam beobachtet hat, erkennt man sie sehr bald auch in den kleinsten Tröpfchen stets wieder.

Fig. 18.



(230)

f. Flüchtige Oele, Harz, Wachs. (Bd. II, §. 26.—28, 33.—37.)

§. 12. Die beiden ersten Stoffe kommen nur in gewissen Zellen vor, oft ausschließlich dieselben erfüllend, und sind leicht an ihrer Farbe, ihrer großen lichtbrechenden Kraft und ihrem Verhalten zu Alkohol und Aether zu erkennen. Sie haben, wie es scheint, für das Leben der Zelle keine weitere Bedeutung und müssen wohl als ausgeschiedene Stoffe angesehen werden. Noch gewisser gilt dieses vom Wachs, welches wahrscheinlich sehr oft in den Pflanzen ein Product der Zersetzung stickstofffreier Substanzen, z. B. des Stärkemehls, ist. In den Zellen kommt es stets in Verbindung mit dem Chlorophyll vor, und häufig bedeckt es die Oberfläche gewisser Zellen, wovon weiter unten zu reden ist.

g. Farbestoffe. — (Bd. II, §. 50. — 54.)

§. 13. Da der aufgelösten den Zellsaft färbenden Farbestoffe schon erwähnt ist, so wären hier nur noch die in fester Form als Körnchen in der Zelle vorkommenden Farbestoffe zu erwähnen, von denen aber nur zwei eigentlich unser Interesse hier in Anspruch zu nehmen verdienen, nämlich das Blattgrün oder Chlorophyll und der Indigo. Beide sind schon chemisch, noch mehr aber physiologisch so sehr mit einander verwandt, daß man sie wohl als bloße Unterarten eines und desselben Stoffes ansehen darf Beide sind stickstoffhaltige Substanzen, von beiden giebt es eine gefärbte, sauerstoffreichere und eine ungefärbte (blaßgelbliche) sauerstoffärmere

Digitized by Google

Modification, welche beide leicht in einander übergehen. Das Chlorophyll insbesondere ist eine Substanz von fast fettartiger Consistenz und überzieht in seltenen Fällen in größerer Ausdehnung die stickstoffhaltige Auskleidung der Zellen, häufiger dagegen nur die kleinen Körner, die derselben angeklebt oder auch frei in der Zelle vorkommen, z. B. Stärkemehlkörner oder selbst kleine Krystalle. Auf der größeren oder geringeren Intensität der Farbe des Chlorophylls selbst, theils aber auch auf der größeren oder geringeren Menge der grünen Körnchen, welche sich in einer Zelle bei einander finden, beruht der hellere oder dunklere grüne Farbenton der Pflanzentheile. Die blaßgelben Flecken der sogenannten panachirten Blätter (einer geschmacklosen Modespielerei unserer Gartenkünstler) beruhen auf der Anwesenheit der farblosen Modification des Chlorophylls mit Ausschluß der grünen. Das farblose Chlorophyll ist überhaupt überall und ursprünglich in der Pflanze vorhanden, und das Grünwerden der Pflanzen am Lichte beruht nur auf einer höheren Oxydation dieses Stoffes.

h. Krystalle.

In jeder Pflanze finden sich gewisse Zellen an ganz bestimmten Orten, §. 14.
z. B. in der Nähe der Bastbündel (§. 19.), zuweilen in Mark und Rinde (§. 22.), häufig in Blättern, selten in den Samen, am meisten in den Saftpflanzen, in denen deutlich ausgebildete Krystalle vorkommen. Es sind entweder Bündel nadelförmiger, oder einzelne größere, deutlich nach ihren krystallographischen Merkmalen zu erkennende Krystalle, oder aus mehreren einzelnen Krystallen zusammengewachsene Krystalldrusen. Theils durch chemische Analysen, theils schon durch die Krystallform erkennt man mit Sicherheit oxalsauren (Bd. II, §. 64.), kohlensauren (Bd. I. S. 489.) und schwefelsauren Kalk (Bd. I, S. 491.), wahrscheinlich kommt auch weinsaurer Kalk (Bd. II, §. 67.) in solcher Gestalt vor. Der oxalsaure Kalk ist aber am häufigsten und fast in jeder Pflanze zu finden, in größter Menge findet er sich in den Cactuspflanzen. Ein Theil des Kalkgehaltes der Aschen stammt immer von diesen Krystallen her. Sie scheinen keine andere Bestimmung zu haben, als dadurch eine gewisse Menge der Säure oder des Kalkes in einer unlöslichen Form zu binden und so die schädliche Einwirkung, die diese Stoffe sonst auf die Vegetation äußern würden, dadurch zu verhindern.

IV. Veränderungen der Pflanzenzelle.

§. 15. Wir haben im Bisherigen die Pflanzenzelle nur so betrachtet, wie sie als vollkommen ausgebildet und in voller Lebensthätigkeit begriffen angesehen werden kann. Man würde sich aber sehr täuschen, wenn man glaubte, daß alle Pflanzenzellen stets die angegebenen Merkmale zeigen müßten. Jede Pflanzenzelle führt vielmehr ihr eigenes Leben, durchläuft von ihrem ersten Auftreten als ein ganz kleines, äußerst zartes rundliches Bläschen bis zur Zeit, wo sie entweder für sich oder zugleich mit dem ganzen Pflanzentheil, dem sie angehört, abstirbt, eine stetige Reihe von Veränderungen und die zahlreichen Verschiedenheiten des Gewebes beruhen theils darauf, daß die Zellen bald schneller, bald langsamer ihre Lebensperiode durchmachen, so daß in der Pflanze immer Zellen von ungleichen Bildungsstufen vereinigt sind, oder darauf, daß eine Zelle überhaupt auf einer früheren Bildungsstufe stehen bleibt, oder endlich, daß sie die letzte Stufe, die ihres eigenen Todes überhaupt nicht erreicht, sondern dadurch getödtet wird, daß der Pflanzentheil, dem sie angehört, gesetzmäßig im Ganzen früher abstirbt und die einzelnen Zellen mit in seinen Untergang verschlingt, z. B. bei dem Abfallen der Blätter im Herbste, in denen oft ein Theil der Zellen noch so lebendig ist, daß er unter günstigen Umständen selbst zur Bildung von Knospen und daraus sich entwickelnden jungen Pflanzen Veranlassung geben kann. Die Veränderungen, welche mit der einzelnen Pflanzenzelle vor sich gehen, beruhen hauptsächlich auf drei verschiedenen Vorgängen, nämlich der Ausdehnung der ursprünglichen Zellenwand durch Ernährung (§ 16.), der Verdickung der ursprünglichen Zellenwand durch Ablagerung neuer Schichten auf ihre innere Fläche (§. 17.) und endlich auf chemischen Processen (§. 18.). Da bald eins, bald zwei, bald alle drei dieser Momente an derselben Zelle zugleich sich geltend machen, so geht daraus natürlich eine unendliche Menge von Verschiedenheiten in der Erscheinung der einzelnen Zellen hervor, die aber einzeln genommen, keine besondere Bedeutung haben, sondern nur nach den eben genannten drei Gesichtspunkten wichtig werden, wodurch die Geweblehre der Pflanzen außerordentlich vereinfacht wird.

Digitized by Google

A. Veränderung der Zelle durch Ausdehnung der urſprünglichen Zellenwand.

§. 16. Jede Zelle als eingeſchloſſenes Säckchen iſt gezwungen, ihre Nahrung durch ihre Wand hindurch aufzunehmen (§. 2. u. 18.); deshalb wird auch der Theil ihrer Wand vorzugsweiſe ernährt, und in Folge deſſen ausgedehnt, durch welchen vorzugsweiſe die Nahrungsflüſſigkeit eindringt. Geht z. B. der Strom der ernährenden Flüſſigkeit an einem Ende einer länglich runden Zelle hinein und am anderen Ende wieder hinaus, ſo werden dieſe beiden Enden auch vorzugsweiſe ernährt, ausgedehnt und in Folge deſſen allmälig die anfänglich länglich runde Zelle in eine ganz langgeſtreckte verwandelt werden. Eine ſolche iſt z. B. die Baumwollenfaſer, von welcher Fig. 19. nur ein Stück darſtellt; dieſelbe iſt verhältnißmäßig ſo dünnwandig, daß ſie zuſammenfällt und gleichſam ein flaches Band mit etwas rundlich angeſchwollenen Rändern bildet.

Fig. 19.

(230)

Selbſt wo die Zellen noch von allen Seiten her mit ernährender Flüſſigkeit in Berührung ſtehen, pflegen ſie ſich nicht vollkommen regelmäßig als Kugeln zu entwickeln, vielmehr treten auch hier häufig ſchon kleine Unregelmäßigkeiten auf, wie das ſchon die Zellen der Schneebeere Fig. 20., zeigen.

Fig. 20.

(25)

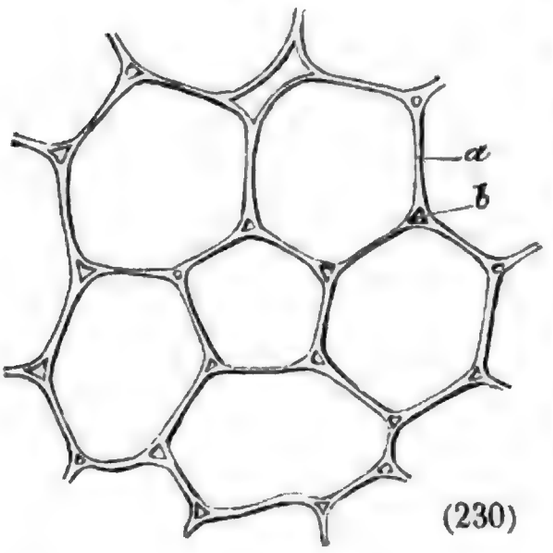
Noch auffallender wird dies Verhältniß aber da, wo die Zellen an mehreren Stellen mit Luft in Berührung treten, was gewöhnlich ſehr bald dadurch geſchieht, daß die zwiſchen den Zellen anfänglich befindlich geweſene Flüſſigkeit ſo raſch von den Zellen verzehrt wird, daß ſie nicht wieder durch andere erſetzt werden kann. An dieſen mit Luft in Berührung ſtehenden Stellen der Zellen wächſt die Wand dann gar nicht mehr, während diejenigen Theile, welche mit benachbarten Zellen zuſammenhängen und von dort her ernährt werden können, ſich oft zu langen Strahlen ausdehnen, ſo daß die lufterfüllten Räume zwiſchen den Zellen immer größer werden. Am ſchönſten ſieht man ſolches ſtrahlenförmige Zellgewebe an den Quer-

Digitized by Google

ſcheidewänden, welche ſich in den großen Luftkanälen im Stengel vieler Waſſerpflanzen, z. B. der Binſen, mancher Sauergräſer u. ſ. w., finden.

In Folge dieſer Einflüſſe erſcheinen die Zellen kugelförmig, eiförmig, langgeſtreckt, ja ſelbſt ganz fadenförmig und auf der anderen Seite mit ebener, höckeriger Oberfläche, oder ſelbſt mit ganz langen ſtrahligen oder ſchlauchförmigen Auswüchſen beſetzt, endlich, da ebenſowohl die Berührung der Luft die weitere Ernährung verhindert, ſo erſcheinen die Zellen bald an einer Seite abgeplattet, bald an zweien, alſo wie kleine Täfelchen flach gedrückt. Mit dieſer letzteren Erſcheinung darf man aber die andere nicht vermengen, daß wo eine größere Menge von Zellen ſich in einem beſtimmt abgegrenzten Raume entwickelt, wie das gewöhnlich im Innern der Pflanze ſtattfindet, daß dann dieſe Zellen gegenſeitig einen Druck auf einander ausüben und ſich an einander abplatten, ſo daß ihre Durchſchnitte keine runde Begrenzungen, ſondern vier-, fünf- und ſechsſeitige Figuren zeigen, wie z. B. Fig. 21 im Querſchnitt einen Kohlſtrunk zeigt.

Fig. 21.



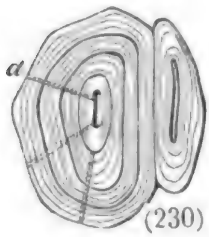
(230)

B. Veränderung der Zelle durch Ablagerung neuer Schichten auf ihre Wand.

§. 17. So weit ſich die urſprüngliche Zellenwand auch ausdehnen kann (es giebt z. B. Waſſerpflanzen, Charen, bei denen 9 Zoll lange und eine Linie im Durchmeſſer haltende Zellen vorkommen), ſo erlangt ſie doch immer nur eine gewiſſe, ſehr unbeträchtliche Dicke. Wenn ſich mehr Nahrungsſtoff anhäuft, als zu ihrer Ausdehnung verwendet werden kann, ſo bildet dieſer Stoff eine neue Schicht, gleichſam eine Zelle in der Zelle, welche ſich genau an die innere Fläche der urſprünglichen Zellenwand und zwar zwiſchen dieſer und der ſtickſtoffhaltigen Auskleidung anlegt. Uebrigens beſteht dieſe neue Schicht ebenfalls wie die urſprüngliche Zellenwand aus Zellſtoff. Die Schichtenbildung wiederholt ſich nicht ſelten öfter und zuweilen ſo oft, daß dadurch die Höhle der Zelle faſt vollkommen

ausgefüllt wird, wie z. B. Fig. 22. zeigt, welche zwei Baſtzellen aus der Chinarinde im Querſchnitt darſtellt, an der größeren Zelle zählt man ſogar funfzehn ſolcher Schichten.

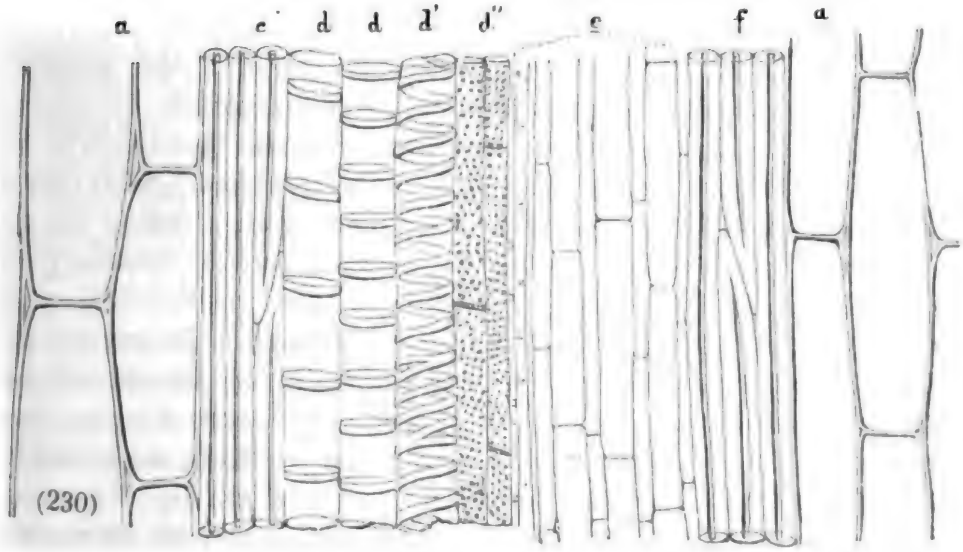
Fig. 22.



In einer Beziehung ſind aber dieſe Verdickungsſchichten von der urſprünglichen Zellenwand weſentlich verſchieden, nämlich darin, daß ſie keine gleichartige, überall zuſammenhängende Haut oder Membran bilden wie jene, ſondern daß ſie auf mannichfache Weiſe durchbrochen ſind und dadurch der Zellenwand mannichfach verſchiedene Zeichnungen verleihen. Man kann die zahlreichen Verſchiedenheiten, welche hierbei vorkommen, füglich in zwei Gruppen vertheilen, obwohl beide in der That faſt ſtetig in einander überzugehen ſcheinen. Im erſten Falle iſt die Ablagerungsſchicht ſo wenig zuſammenhängend, daß man ſie aus dickeren oder dünneren, breiteren oder ſchmäleren Bändern gebildet, anſehen kann, welche bald vereinzelte Ringe bilden, bald ein ſchraubenförmig aufgerolltes Band (eine Spirale) darſtellen, bald netzförmig unter einander verbunden ſind. Im zweiten Falle tritt dagegen mehr das Ausſehen einer überall zuſammenhängenden Haut hervor, welche nur hin und wieder Spalten oder kleinere rundliche Löcher (Poren) zeigt. Man darf ſich aber nicht vorſtellen, daß dieſe Erſcheinungen etwas Seltenes oder für beſtimmte Zellen Eigenthümliches ſeien, vielmehr zeigt jede vollſtändig ausgebildete Zelle die eine oder die andere Form der Verdickungsſchichten.

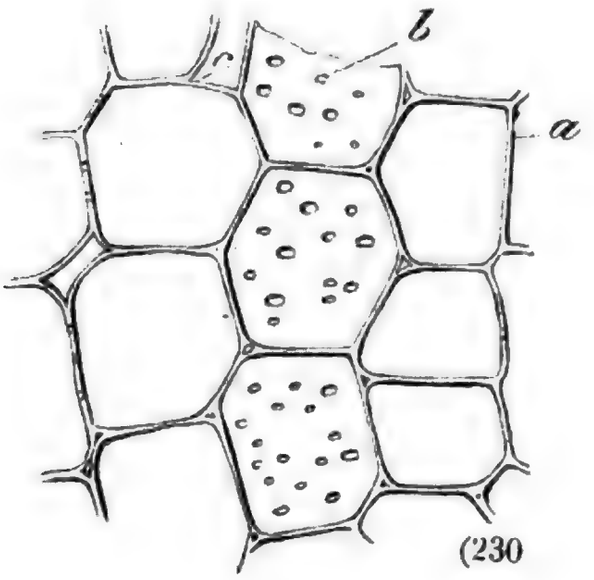
Fig. 23. ſtellt einen gut gelungenen Schnitt aus einem Gefäßbündel

Fig. 23.



des Maisſtengels in der Richtung von Innen nach Außen dar. Hier zeigen ſich bei *d d* Zellen, deren Verdickungsſchicht nur einzelne Ringe bildet, bei *d'* eine Spirale, nach oben aus zwei verwachſenen, nach unten in einer kurzen Strecke aus zwei iſolirten Bändern beſtehend; endlich bei *d''* zwei Zellenreihen, deren Verdickungsſchichten porös ſind. Eine ähnliche Reihe nur noch mit mehreren Mittelformen zeigt ein in gleicher Richtung wie der obige Maisſtengel geführte Längsſchnitt aus der gewöhnlichen Gartenerbſe in Fig. 25. von *m* bis *h*. Deutliche Porenbildung in den Verdickungsſchichten zeigt ſich auch im Kohlſtrunke an den Markzellen. Fig. 24.

Fig. 24.



Bei allem dieſen Formen darf man nie vergeſſen, daß ſie nur die Verdickungsſchichten treffen und daß die urſprüngliche Zellenwand dabei zunächſt ganz unverändert und überall zuſammenhängen bleibt. Es ſcheint nicht unmöglich zu ſein, dieſe ſämmtlichen ſo mannichfaltigen Bildungen auf eine und dieſelbe Grundform, nämlich auf Spiralen, deren Windungen ganz eng auf einander liegen, zurückzuführen, und ſie aus der verſchiedenen Weiſe der Verwachſung der Spiralwindungen und der größeren oder geringeren Ausdehnung der Zelle nach Auftreten der Verdickungsſchicht zu erklären. Die gründliche Erörterung dieſer reinen theoretiſchen Frage würde hier aber über die uns vorgeſteckten Grenzen hinausführen. Eine Eigenthümlichkeit darf hier jedoch nicht unerwähnt bleiben, welche ſich mit größerer oder geringerer Deutlichkeit bei allen poröſen Gebilden, nirgends aber ſo auffallend entwickelt findet, als bei den Nadelhölzern, ſo daß man dieſe unter dem Mikroſkop in den kleinſten Fragmenten und ſelbſt in der Braunkohle und im verſteinerten Holze ſogleich erkennen kann. Wenn man aus dem Holze der gemeinen Kiefer einen Längsſchnitt durch das Mark und ſenkrecht auf die Rinde macht und ein Blättchen davon unter das Mikroſkop bringt (ſ. f. S. Fig. 26.), ſo erkennt man die ſchmalen langgeſtreckten Holzzellen, ohne alle Spur ſogen. Gefäße (§. 20.). Die Wände der Holzzellen ſind aber mit einer einfachen

Digitized by Google

Fig. 25.

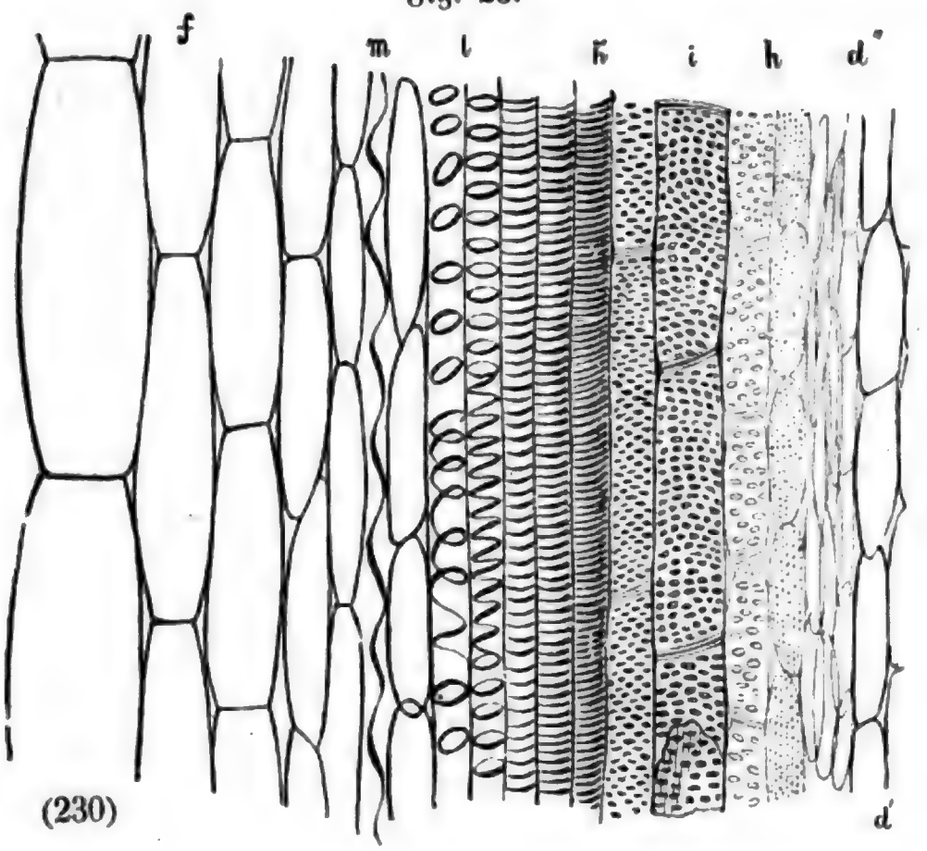
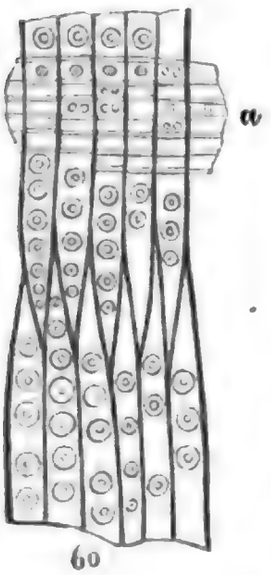


Fig. 26.



Reihe auffallend großer Kreise bezeichnet, in denen man noch einen kleineren Kreis oder eine breite, aber kurze Spalte wahrnimmt. Die gleiche Erscheinung zeigen namentlich auch die sogenannten *porösen Gefäße* des *Laubholzes*, besonders deutlich bei dem *Ahorn*, der *Weide* u. s. w. Hierbei entspricht nun nur der innere kleinere Kreis dem, was im Vorigen als *Pore* beschrieben ist. Der äußere größere Kreis dagegen bezieht sich auf eine ganz andere Erscheinung. Es ist nämlich ein sehr allgemein verbreitetes Verhältniß, daß die Poren in zwei an einander liegenden Zellen so gestellt sind, daß sie durch die beiden ursprünglichen Zellenwände verlängert gedacht auf einander treffen würden. Aber gerade an dieser Stelle, also zwischen den zwei Poren zweier benachbarten Zellen, weichen die Wände dieser Zellen etwas von einander und lassen einen linsenförmigen, regelmäßig mit Luft erfüllten Raum zwischen sich, und die Grenzlinie dieses Raumes ist es, welche als äußerer größerer Kreis um die eigentliche Pore erscheint, wenn man die Zellenwände von der Seite her betrachtet. Dabei zeigen die Nadelhölzer noch das Eigene, daß diese

Digitized by Google

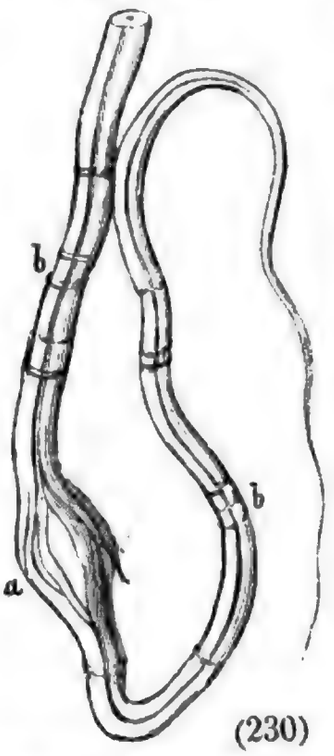
ſo auffallend deutlichen Porenbildungen nur nach der Seite der Markſtrahlen (§. 23.), nicht aber nach Innen oder Außen an den Zellen auftreten.

Eine ausführlichere Beſprechung verdienen hier noch die Baſtzellen, in denen wir das wichtigſte Material für unſere Geſpinnſte aus dem Pflanzenreiche, beſonders aber für die Seilerarbeiten gewinnen. Lange nicht alle Baſtzellen ſind hierzu geeignet, ſo zum Beiſpiel ſind die ſchon erwähnten Baſtzellen der Chinarinde, obwohl in anatomiſcher Hinſicht intereſſant, doch in techniſcher Beziehung völlig werthlos. Schon ein Blick auf eine mikroſkopiſche Darſtellung derſelben (Fig. 27.) verräth ihre Untauglichkeit, indem ſie nicht nur offenbar zu ſolchen Zwecken zu kurz, ſondern auch von einer Starrheit und Unbiegſamkeit ſind, welche es unmöglich machen, ſie zu bearbeiten. Ganz anders verhalten ſich die Baſtfaſern des Flachſes, Hanfes, des ſogenannten neuſeeländiſchen Flachſes und anderer techniſch vielfach angewendeter Pflanzen. Die Flachsfaſer, von der wegen ihrer Länge in Fig. 28. nur ein kurzes Stück abgebildet werden konnte, iſt zwar auch bis faſt zum völligen Verſchwinden ihrer Höhle durch Verdickungsſchichten ausgefüllt und verdankt eben dieſem Verhältniß ihre Feſtigkeit, aber die Subſtanz dieſer Schichten iſt weich und biegſam, und ſie fließen ſo in einander, daß man ſie auf dem Querſchnitt nicht von einander unterſcheiden kann. Dieſe Weichheit zeigt ſich auch darin, daß ſie leicht, wo ſie gedrückt werden, Eindrücke behalten (*b*, *b*) oder auch bei heftigem Drucke gequetſcht erſcheinen (*a*), ohne gleichwohl ihren Zuſammenhang zu verlieren. Die Hanffaſer iſt ganz ebenſo gebaut und läßt ſich mikroſkopiſch kaum vom Flachs unterſcheiden. Dagegen giebt es kein ſichereres Mittel als das Mikroſkop, um Flachs, Baumwolle, Wolle und Seide zu erkennen, um deren Unterſcheidung man ſich in neueſter Zeit oft ſo vergeblich bemüht hat. Da die Sache eine große praktiſche Bedeutung hat, ſtelle ich hier die mikroſkopiſchen Bilder dieſer vier Geſpinnſtfäden nah neben einander und mache auf die leicht aufzufaſſenden Unterſchiede aufmerkſam.

Fig. 27.

(230)

Fig. 28.



(230)

Digitized by Google

Fig. 29.

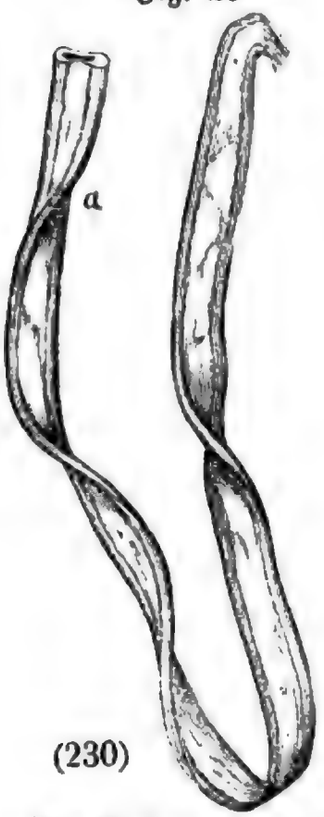


Fig. 30.

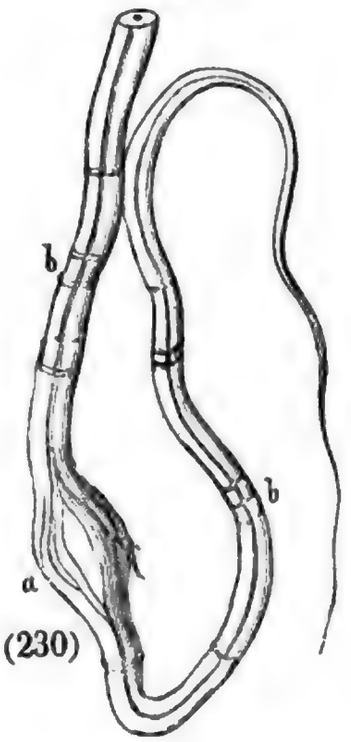
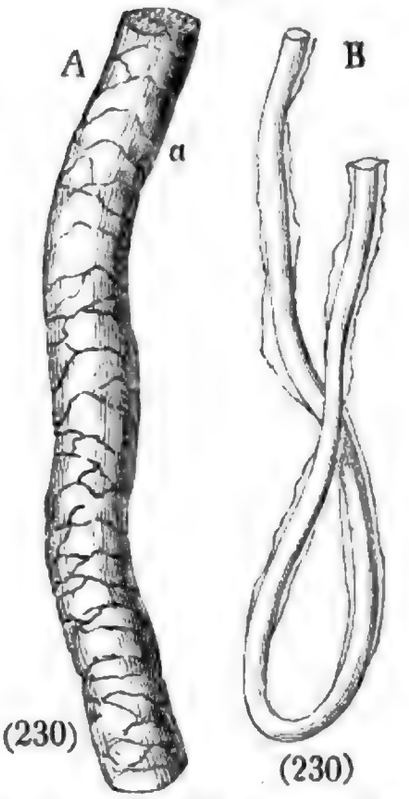


Fig. 31.



Die Baumwollenfäden oder die langen Haare auf den Samen der Baumwollenpflanze (Fig. 29.) sind lange dünnwandige Zellen, welche beim Trocknen zusammenfallen, und so ein flaches Band mit etwas dickeren abgerundeten Rändern darstellen, was man besonders deutlich da erkennt, wo die bandförmige Zelle gedreht ist (*a*). Die Flachsfaser (Fig. 30.) ist ein durchaus stielrunder und bis auf einen kleinen in der Mitte verlaufenden Canal ganz ausgefüllter Faden. Die viel dickere Wollenfaser (Fig. 31. *A*.) ist sogleich daran zu erkennen, daß ihre Oberfläche mit zarten dünnen Schüppchen (*a*) oder Oberhautzellen bedeckt ist*). Der ganz feine Seidenfaden (Fig. 31. *B*.) endlich ist vollkommen stielrund, glatt und ohne Höhle und nur hin und wieder hängt ihm eine kleine Menge einer eigenthümlichen eiweißähnlichen Substanz an, die oft einen schmalen Rand an beiden Seiten bildet (*a*).

C. Veränderungen der Zellenwand durch chemische Processe.

§. 18. Wir haben bisher die Zellenwand ohne Rücksicht auf die in der Zelle vorgehenden chemischen Processe betrachtet, und nur im Allgemeinen angegeben, daß die ursprüngliche Zellenwand und ihre Verdickungsschicht aus Zellstoff, die halbflüssige Auskleidungsschicht dagegen aus einer stickstoffhaltigen Substanz besteht. Dies ist aber nicht so allgemein richtig, son-

*) Ueber die Structur der Wollenfaser ist weiter unten noch ausführlicher zu handeln.

Digitized by Google

dern nur bei der vollständig entwickelten, aber noch lebenskräftigen Zelle der Fall. Auch werden durch chemische Einwirkungen noch manche andere Veränderungen in der ursprünglichen Zellenwand hervorgerufen, welche einer genauen Untersuchung werth sind.

Folgendes sind hier die wichtigsten und ziemlich genau bekannten Verhältnisse:

1) Im Verlaufe des Lebens der Zelle treten gar mannichfache chemische Verhältnisse auf, welche der ursprüngliche Zellenwand zu verschiedenen Zeiten einen sehr verschiedenen chemischen Charakter verleihen. Bei ganz jungen Zellen, die kaum entstanden sind, wie man sie z. B. im Frühling, nachdem der Saft in die Bäume getreten, zwischen Holz und Rinde als eine schleimige Substanz findet, besteht die ursprüngliche Zellenwand aus Gallerte (§. 9.). Je näher ihrem Ursprunge, um so leichter lösen sich die Zellenwände in Wasser, oder quellen doch so darin auf, daß sie ihren Zusammenhang und ihre festen Umrisse verlieren. Diese Gallerte geht nun stufenweise bei einigen langsamer, bei anderen schneller, bei einigen vollständig, bei anderen nur unvollständig in Zellstoff über. Die Zellen, welche dazu bestimmt sind, später wieder aufgelöst zu werden, verharren fast immer in einem Zustande, welcher zwischen Gallerte, Stärkekleister und Zellstoff mitten inne steht und in seinen Eigenschaften sich bald dem einen, bald dem anderen mehr annähert. So werden zum Beispiel die Zellenwände in den Samenlappen der Tamarinden und einiger verwandten Pflanzen schon ohne Einwirkung der Schwefelsäure beim Befeuchten mit Jodine, gerade wie die Stärke, blau gefärbt.

2) Ist endlich die Zellenwand vollständig in Zellstoff umgewandelt worden, so verharrt sie doch selten längere Zeit rein in diesem Zustande. Da die Bewegung der ernährenden Flüssigkeiten in der Pflanze beständig durch die Wände der Zellen vor sich geht (§. 33.), so werden auch fortwährend fremde Stoffe in die Zellenwand hineingeführt, welche sich theils darin ablagern, theils verändernd auf den Zellstoff einwirken. Auf diese Weise wird nach und nach in alternden Zellen die stickstoffhaltige Auskleidung der Zelle aufgelöst und durchdringt die Zellenwand, so daß bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure die Zellenwand anfänglich grün (blau und gelb) und endlich beim Vorherrschen der Reaction auf stickstoffhaltige Stoffe goldgelb oder braungelb gefärbt wird. Auch lagern sich in der Zellenwand allmälig unorganische Stoffe ab und zwar in den äußersten Zellenlagen bei Gräsern, Rietgräsern und Binsen Kieselerde, welche in der Dicke der Zellenwand in Form kleiner schuppiger Flöckchen sich absetzt, in den inneren Zellen dagegen, besonders bei den zweisamenlappigen Pflanzen (§. 28.), ein Kalksalz, nämlich gallertsaurer Kalk (Bd. II. §. 70.). Durch diese Ablagerungen wird die Zellenwand bedeutend fester und dichter,

Digitized by Google

und bei Ablagerung von Kieſelerde, z. B. im Bambus und ſpaniſchen Rohr, oft ſo hart, daß ſie am Stahle Funken giebt.

3) Bei weiterem Altwerden der Zellen gehen auch in der Zellenwand eigenthümliche Zerſetzungen des Zellſtoffs vor ſich, welche gewöhnlich bald das Abſterben der Zelle zur Folge haben. Hier ſind zwei Punkte hervorzuheben.

a. Die Zellenwand wird ganz oder theilweiſe wieder aufgelöst. — Die theilweiſe Auflöſung trifft bei den höheren Pflanzen wohl niemals eine einzelne Zelle für ſich, ſondern ganze Gruppen oder Reihen von Zellen, deren Höhlungen durch dieſe theilweiſe Auflöſung ihrer Wände in Verbindung geſetzt werden. Bei gewiſſen Reihen etwas langgeſtreckter Zellen, die ſich durch größere Weite und deutlichere Verdickungsſchichten von ihren Nachbarn auszuzeichnen pflegen, tritt dieſes Verhältniß in der Weiſe ein, daß die Theile der Wände, mit welchen ſich die Zellen einer ſolchen Reihe berühren, alſo die oberen und unteren Theile, aufgelöst werden, und ſo ſich die Reihe von Zellen in eine zuſammenhängende Röhre verwandelt. Man nennt dann dieſe Röhren mit einem ſehr unpaſſend gewählten Ausdruck: Gefäße, und unterſcheidet nach der Form der Verdickungsſchichten Ringgefäße, Spiralgefäße, netzförmige Gefäße, Spaltgefäße und poröſe Gefäße. Sobald eine ſolche Verbindung unter den Zellen einer Reihe hergeſtellt worden, iſt auch der in ihnen befindlich geweſene Saft entweder verbraucht oder fortgeführt, und ſie enthalten von dem Augenblick an fernerhin nur noch Luft.

Die völlige Auflöſung der Zellenwand findet in doppelter Weiſe Statt, entweder nämlich wird dieſelbe in eine Flüſſigkeit umgewandelt, welche von den nachbarten Zellen aufgenommen und anderweitig zu neuen Bildungen verwendet wird, ſo in einigen Fällen bei der Bildung der Samen und bei der Keimung (§. 30); oder die Zellenwand wird in anderen Fällen zwar aufgelöst, aber nicht zu einer in Waſſer löslichen Flüſſigkeit, ſondern zu einer eigenthümlichen Subſtanz, dem Viſcin (Bd. II. §. 25), welches dann an der Stelle, wo es gebildet worden iſt, z. B. in den Beeren der Miſtel, abgelagert bleibt.

b. In anderen ſehr häufig vorkommenden Fällen behält die Zellenwand zwar ihre Form noch bei, der Zellſtoff, aus welchem ſie beſteht, wird aber ganz allmälig und immer nur theilweiſe zerſetzt. — Die Zellen fangen dabei ſehr bald an, ihren Saftinhalt zu verlieren, ſie nehmen aus der Atmoſphäre Sauerſtoff auf, hauchen dafür Kohlenſäure aus, indem ſich jener mit einem Theil des Kohlenſtoffs der Zellenwand verbindet, und ſo entſteht aus dem Zellſtoff zum Theil Gerbſäure, häufiger aber noch die einzelnen Humusſäuren, und dieſe bleiben dann in der Subſtanz der Zellenwand abgelagert. Da ſich dieſe letzteren alle durch eine

braune oder ſchwarze Farbe auszeichnen, ſo nimmt auch die Zellenwand nach und nach eine braune oder ſchwärzliche Färbung an. Dieſer Vorgang findet bei allen Zellen des Korkes und der Borke (der Rinde des gemeinen Lebens) Statt, und endet, wenn auch langſam fortſchreitend, doch zuletzt immer mit völliger Umwandlung derſelben in die verſchiedenen Humusſubſtanzen; nicht minder trifft dieſer Proceß aber auch jeden größeren oder kleineren von der Pflanze getrennten Theil, z. B. Blätter, Holz und dergleichen, welcher nicht mehr für ſich fortzuleben im Stande iſt. Alle Pflanzentheile, welche in dieſen Zuſtand gekommen ſind, geben beim Ausziehen mit kaltem oder heißem Waſſer eine aus vielerlei Subſtanzen gemiſchte bräunliche oder ſchwärzliche Löſung, welche die ſogenannten Auszugsſtoffe (Extractivſtoffe, Bd. II. §. 22) enthält.

Digitized by Google

Zweiter Abſchnitt.

Zuſammenſetzung der ganzen Pflanze aus den verſchiedenen Zellenformen.

---

§. 19. Geringes Nachdenken reicht hin, um klar zu machen, welche unendlich zahlreiche Menge verſchiedener Zellenformen aus dem Zuſammentreffen der im Vorigen erörterten Verhältniſſe hervorgehen müſſen, und einige wenige mikroſkopiſche Unterſuchungen an ein paar Pflanzen reichen hin zu zeigen, daß dieſe große Mannichfaltigkeit der Bildungen ſich auch wirklich in der Natur, in der einzelnen Pflanze vorfindet. Keineswegs aber haben alle dieſe ſo verſchiedenartigen Formen auch ebenſo vielfach verſchiedene Bedeutung für das Leben der Pflanze, ſo daß etwa jeder eigenthümlich gebildeten Zelle auch eine beſondere Lebensthätigkeit zugetheilt wäre; wenigſtens ſind wir gegenwärtig noch nicht im Stande, auch nur die leiſeſte Andeutung dafür zu finden, wodurch das Ringgefäß in ſeiner Lebensthätigkeit ſich vom Spiralgefäß, oder die Spaltzelle ſich von der poröſen Zelle unterſcheide. Früher beim Beginn der Pflanzenphyſiologie mußte man natürlich auf jede noch ſo kleine Verſchiedenheit achten, weil man erſt erforſchen ſollte, wie Lebenserſcheinungen und Structurverhältniſſe in der Pflanze zuſammenhängen. Jetzt intereſſiren uns alle dieſe Bildungsverſchiedenheiten nur noch aus zwei Geſichtspunkten. Der eine iſt ſchon im Vorigen abgehandelt, indem nachgewieſen wurde, auf welche Weiſe und durch welche Proceſſe die mannichfaltigen Verſchiedenheiten ſich aus der einen und gleichen, einfachen jungen Zelle hervorbilden. Der andere Geſichtspunkt dagegen muß uns hier genauer beſchäftigen, indem wir zuſehen, welche Rolle die verſchiedenen Zellenformen im Leben der ganzen Pflanze ſpielen. Dabei werden wir zu einer ganz anderen Eintheilung des Zellgewebes geführt, als nach dem Vorhergehenden wahrſcheinlich ſchien; die ganze Mannichfaltigkeit der Zellenformen vertheilt ſich in nur drei Gruppen, welche eine weſentlich verſchiedene Bedeutung für das Leben der ganzen Pflanze haben.

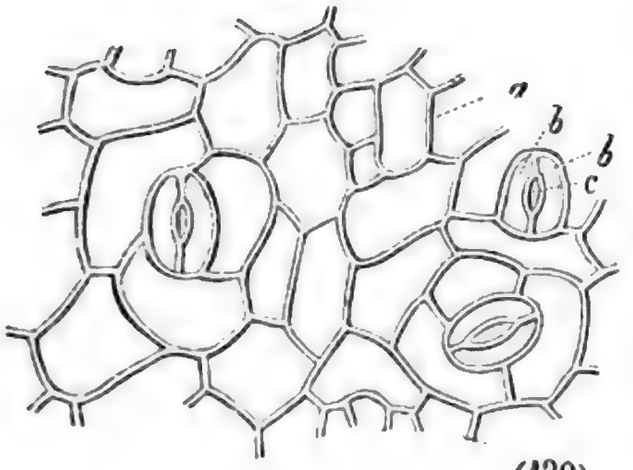
Am beſten gewinnen wir hier den Ueberblick, wenn wir der Entwicklungsgeſchichte der Pflanze folgen. Jede ſich eben bildende Pflanze, oder

jeder neu entſtehende Pflanzentheil, z. B. das jüngſte Blatt in einer Knospe, beſteht ganz und gar aus nahebei gleich großen, rundlichen, ſehr zartwandigen, gleichen und mit gleichem Inhalt erfüllten Zellen. Alle Verſchiedenheiten der Zellen entſtehen erſt bei weiterer Entwicklung. Die äußere Zellenlage, welche ſich in Berührung mit der Luft weiter fortbildet, ändert bald ihren Inhalt in eine waſſerhelle Flüſſigkeit um, ſchließt feſt zu einer zuſammenhangenden Haut aneinander und wird dann Oberhaut genannt, ſie ſchützt die Pflanze gegen zu ſtarke Verdunſtung der in derſelben enthaltenen Flüſſigkeiten. Der Verbrauch von Flüſſigkeit in Folge der geſetzmäßigen Ausdunſtung ruft eine Bewegung der Flüſſigkeit in der Pflanze nach beſtimmten Richtungen hin hervor. Die Zellen, durch welche dieſe Saftſtrömungen gehen, werden natürlich ſtärker an ihren beiden Endpunkten ernährt und dadurch allmälig in langgeſtreckte Zellen umgewandelt. Dieſe Streifen oder Bündel langgeſtreckter Zellen, welche die Bahnen der Saftbewegung in der Pflanze andeuten, werden Gefäßbündel genannt, weil ſich vorzugsweiſe in ihnen die oben (§. 18) als Gefäße bezeichneten luftführenden Zellenreihen vorfinden. Das übrige Zellgewebe endlich, was nicht in Oberhaut und Gefäßbündel umgewandelt wird, entwickelt ſich dann am lebendigſten und iſt vorzugsweiſe dasjenige, welches die für den menſchlichen Haushalt wichtigſten Stoffe bildet und enthält. Man nennt es Füllgewebe oder gewöhnlicher mit dem griechiſchen Worte Parenchym. Außer dieſen dreien bleibt nun noch wenig übrig; der ganze Lebensproceß der Pflanze iſt nämlich eigentlich ein ununterbrochenes Fortwachſen und Neubilden, die Pflanze wächſt oder ſtirbt ab, aber niemals iſt ſie ausgewachſen wie das Thier. Es muß alſo auch in der Pflanze Stellen geben, wo dieſes Wachsthum, dieſer Bildungsproceß vor ſich geht, wo neue Zellen entſtehen, die für die neuen Theile beſtimmt ſind. Dieſes Gewebe, bei verſchiedenen Gewächſen auf verſchiedene Weiſe in der Pflanze vertheilt, wird das Bildungsgewebe, bei den Bäumen auch wohl Cambium genannt. Dieſe fünf Gruppen von Zellen (Elementarorganen) oder dieſe vier Elementarſyſteme der Pflanze müſſen nun im Einzelnen näher erforſcht werden.

I. Die Oberhaut.

§. 20. Wenn man die Oberfläche eines Blattes des gemeinen blauen Kohls leicht mit dem Meſſer einritzt, dann den einen Rand dieſer Ritze zwiſchen Meſſerklinge und Daumen faßt, ſo kann man auf dieſe Weiſe beträchtliche Stücke einer ziemlich klaren, farbloſen Haut vom Kohlblatte abziehen, dies

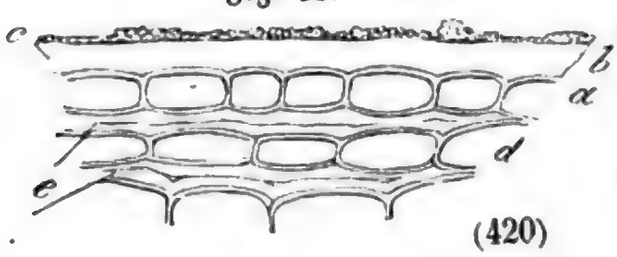
Fig. 32.



(420)

ist die Oberhaut oder Epidermis. Bringt man ein kleines Stückchen davon unter das Mikroskop (Fig. 32), so erkennt man eine Lage sehr unregelmäßiger und ungleich großer Zellen (*a*), die aber überall so fest an einander schließen, daß keine Intercellulargänge zwischen denselben vorhanden sind. Nur an gewissen Stellen finden sich Lücken, indem gleichsam eine Oberhautzelle zu fehlen scheint. Diese Lücken sind dann aber zum Theil wieder ausgefüllt durch zwei fast halbmondförmige Zellen (*b*,*b*), die mit der ausgeschnittenen Seite einander zugewendet sind, und eben deshalb die Lücke der Oberhaut nicht ganz verschließen, sondern eine Spalte (*c*) zwischen sich lassen, welche also eine freie Communication zwischen der äußeren Atmosphäre und dem Innern der Pflanze vermitteln. Man nennt diesen ganzen Apparat, nämlich die beiden halbmondförmigen Zellen nebst der zwischen ihnen befindlichen Spalte eine Spaltöffnung. Das Fig. 32 abgebildete Stückchen Oberhaut zeigt drei solcher Spaltöffnungen. Wenn man ein kleines Stückchen dieser Oberhaut mit ein wenig Speichel auf den Nagel des linken Daumes aufklebt, dann das Rasiermesser quer aufsetzt und eine wiegende Bewegung mit demselben macht, so erhält man natürlich ganz feine Querschnitte dieser Oberhaut. Bringt man sie unter das Mikroskop, so findet man sicher mehrere darunter, die fein genug sind, um ein vollkommen deutliches Bild der Oberhaut im Querschnitt zu gewähren. Fig. 33. stellt einen solchen feinen Querschnitt

Fig. 33.



(420)

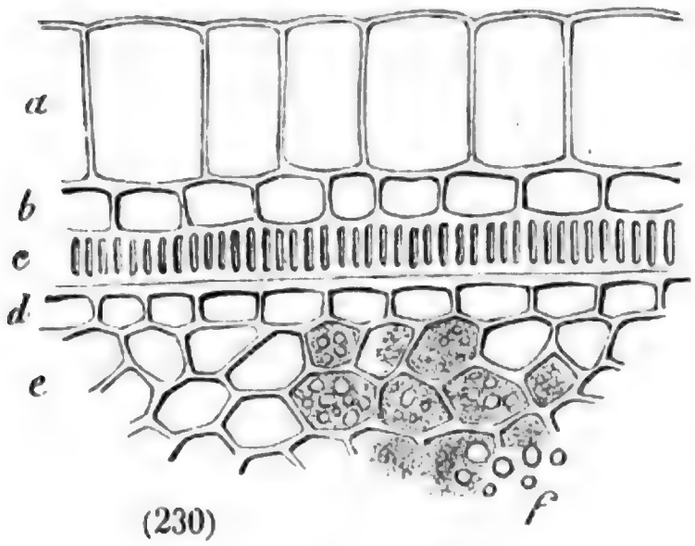
durch die Oberhaut und einige der unter derselben liegenden Zellen vor. Man bemerkt hier Folgendes: zuerst sieht man die Reihe der quer durchschnittenen Oberhautzellen (*a*). Nach außen sind dieselben von einer doppelten Schicht bedeckt; die nächste ist aus einer klaren, dem Zellstoff ähnlichen Substanz gebildet und ziemlich dick (*b*), sie mag als Absonderungsschicht der Oberhaut bezeichnet werden; die zweite ist eine dünne Lage feiner Körnchen (*c*). Man muß sich dabei erinnern, daß das Blatt des blauen Kohls eine wie man sagt bereifte Oberfläche hat. Dieser Reif, ein reines dem Bienenwachs ähnliches Wachs, läßt sich leicht durch lan-

Digitized by Google

geres Eintauchen des Blattes in Aether entfernen, und hat man das vorher gethan, ſo fehlt bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung die Körnerſchicht (*c*), die wir alſo beſtimmter als Wachsſchicht bezeichnen können. Unter den Oberhautzellen erkennt man in Fig. 33 noch eine Lage Zellen (*d*) und darunter eine zweite durch den Schnitt halb hinweggenommene. Dieſe Zellenlagen ſchließen aber weder unter einander, noch mit der Oberhaut überall dicht zuſammen, ſondern laſſen große Lücken, welche von der Seite der Zellen her mit einer ähnlichen Subſtanz wie die Abſonderungsſchicht der Oberhaut (*b*) ausgefüllt ſind. Dies mag als Anleitung zur Unterſuchung der Oberhaut hier genügen. Auf ähnliche Weiſe kann man bei allen Pflanzen und Pflanzentheilen verfahren; nur iſt zu bemerken, daß an manchen Stellen die Oberhaut ſich nicht gut abziehen läßt, und daß man ſie dann mit dem Raſiermeſſer als eine dünne Haut abſchälen muß.

Die wichtigſten Verſchiedenheiten der Oberhaut bei verſchiedenen Pflanzen ſind nun folgende. Die Zellen der Oberhaut ſind oft ganz flach gedrückt, oft höher, ſo daß ſie faſt kleinen, neben einander ſtehenden Cylindern gleichen; ein Beiſpiel der Art giebt die Oberhaut (*a*) des Leinſamens, von deſſen Querſchnitt ein Theil in Fig. 34 dargeſtellt iſt. Von der Fläche aus geſehen ſind ſie bald unregelmäßig, bald ſehr regelmäßig fünf- oder ſechseckig, bei langen ſchmalen Blättern gewöhnlich auch ſchmal und langgeſtreckt, faſt bandartig, z. B. bei den Irisblättern, der Lilie, der Zwiebel ꝛc. Bei den Gräſern ſind ſie auch lang geſtreckt, es kommt hier aber noch eine Eigenheit vor, welche ſich auch bei anderen Pflanzen häufig findet, daß nämlich die Seitenwände der Oberhautzellen nicht in geraden oder einfach gebogenen Linien verlaufen, ſondern oft ſehr zierlich geſchlängelt ſind. — Bei einigen Pflanzen, vorzugsweiſe aber auf der Oberhaut der Blumenblätter, iſt die äußere Wand der Oberhautzellen nicht flach, ſondern in Form eines kleinen Hügels oder einer kleinen Warze erhoben. Dieſe zahlreichen kleinen Erhabenheiten ſind es, welche den Blumenblättern durch die eigenthümliche Art, wie ſie das Licht zurückwerfen, den ſchönen Sammetglanz verleihen, wodurch ſich zum Beiſpiel die ſcharlachrothe Blüthe der Schminkbohne ſo ſehr auszeichnet.

Fig. 34.



(230)

Digitized by Google

Die Absonderungsschicht der Oberhaut ist bei verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen verschieden dick, wie schon ein Blick auf die oben mitgetheilten Abbildungen, Fig. 33 und Fig. 34, zeigt. Sie fehlt immer bei den jüngsten noch in der Knospe eingeschlossenen Pflanzentheilen tritt erst allmälig auf und verstärkt sich, je mehr diese Theile der Einwirkung der Luft ausgesetzt werden. Sie scheint von den Oberhautzellen ausgeschwitzt, abgesondert zu werden, daher ihr Name. Die Wachsschicht unterliegt ebenfalls großen Verschiedenheiten. Bei manchen Pflanzen ist sie kaum anders wahrzunehmen, als dadurch, daß die Oberfläche wie ein fettiger Gegenstand vom Wasser nicht benetzt wird, bei anderen, z. B. bei Elymus arenarius, einem bekannten Strandgrase, ist es eine starke, aus bedeutenden Wachsschüppchen gebildete Lage. Ueberhaupt ist diese Schicht stark bei allen den Pflanzen, welche eine bereifte Oberfläche zeigen. Die Spaltöffnungen sind ebenfalls gar mannichfaltig verschieden entwickelt, wenn auch das Wesentliche derselben sich überall gleich bleibt. Besonders ist das Verhältniß der beiden Spaltöffnungszellen zu der von den Oberhautzellen gelassenen Lücke verschieden, indem die Spaltöffnungszellen bald mehr am oberen Rande der Lücke, bald mehr in der Mitte liegen, bald sich nur unten an die Lücke anlegen. Im letzten Falle ist, besonders dann, wenn noch eine starke Absonderungsschicht hinzukommt, eine besondere kleine Höhle ein Vorhof vor der Spaltöffnung vorhanden. Unterhalb der Spaltöffnung ist jedesmal ein größerer Intercellularraum vorhanden, in welchen einerseits die Spalte, andererseits die Zwischenzellengänge des übrigen Zellgewebes einmünden.

Um die Bedeutung der Oberhaut und ihrer einzelnen Theile für das Leben der ganzen Pflanze zu verstehen, müssen wir vorläufig noch auf einen späteren Abschnitt über die Saftbewegung in den Pflanzen und die Ausdünstung (§. 35.) verweisen; hier ist aber noch ein eigenthümliches Verhältniß zu erwähnen, welches die spätere Entwicklung der Oberhaut betrifft. An gewissen Pflanzentheilen oder gewissen Pflanzen geht nämlich die Oberhaut bald verloren, indem ein ganz neues Gewebe an ihre Stelle tritt. Dasselbe besteht aus ziemlich dünnwandigen, gewöhnlich tafelförmig flachen Zellen, die sehr bald ihren Saftinhalt verlieren und durch Humusbildung braun werden. Einzelne Lagen dieses Zellgewebes sterben besonders leicht ab und zerreißen so, daß dann Alles, was außerhalb derselben liegt, abfällt, während sich dieses Gewebe an seiner inneren Seite fortwährend wiederum erzeugt. Dieses Gewebe, gewöhnlich Borke genannt, bezeichnet man wissenschaftlich bestimmter als Korkschicht, obwohl es nicht bei allen Pflanzen die Elasticität besitzt und daher so nützlich ist, wie bei der Korkeiche. Die Borke der meisten Bäume, die sogenannte Oberhaut der Kartoffel, der rauhe braune Ueberzug des grünen Reinetteapfels und

anderer Obſtarten u. ſ. w. beſtehen aus dieſem Gewebe. Dagegen iſt die Borke einiger anderen Pflanzen, z. B. des Weinſtocks, des Geisblatts und ſo weiter auf eine andere Weiſe entſtanden, welche aber erſt unten (§. 24) erläutert werden kann.

II. Die Gefäßbündel.

§. 21. Wenn man einen Maisſtengel mit einem ſcharfen Meſſer quer durchſchneidet und dann ſpaltet, ſo erkennt man mit unbewaffnetem Auge auf dem grünlichen Querſchnitt hellere weißliche Punkte, auf dem Längsſchnitt von dieſen Punkten abwärts laufende weißliche Streifen (Fig. 35. *a*, *a*).

Fig. 35.

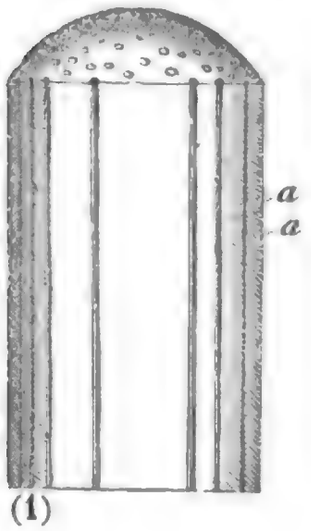
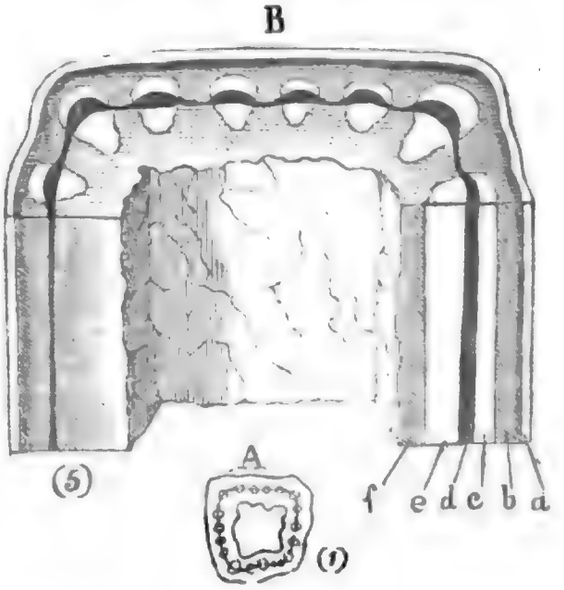


Fig. 36.



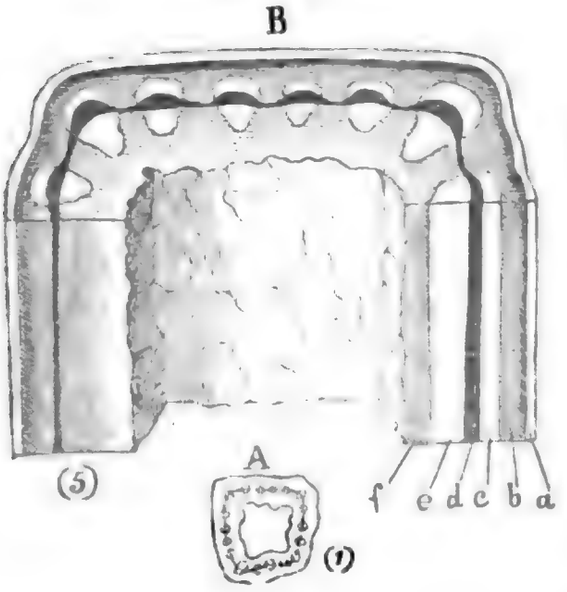
Dieſe Streifen, durch den ganzen Maisſtengel ziemlich regellos zerſtreut, nur gegen den Umfang hin etwas mehr zuſammengedrängt, ſind die Gefäßbündel. Einen ähnlichen und doch in mancher Beziehung wieder verſchiedenen Anblick gewährt der quer durchſchnittene Stengel der Gartenerbſe*) (Fig. 36. *A*). Derſelbe erſcheint hohl; in der blaßgrünen Subſtanz erkennt man einen einfachen Kreis weißlicher Punkte, welche aber ſämmtlich durch eine feine, ganz dunkelgrüne Linie verbunden ſind.

---

*) Die folgenden Zeichnungen ſind nach einer 8—9 Fuß hoch ſich erhebenden, ſehr üppigen engliſchen Gartenerbſe „Knights marrow peas“ entworfen. *A* iſt der Querſchnitt in natürlicher Größe, *B* dagegen iſt wie der Maisſtengel erſt quer durchſchnitten und dann der Länge nach geſpalten.

Digitized by Google

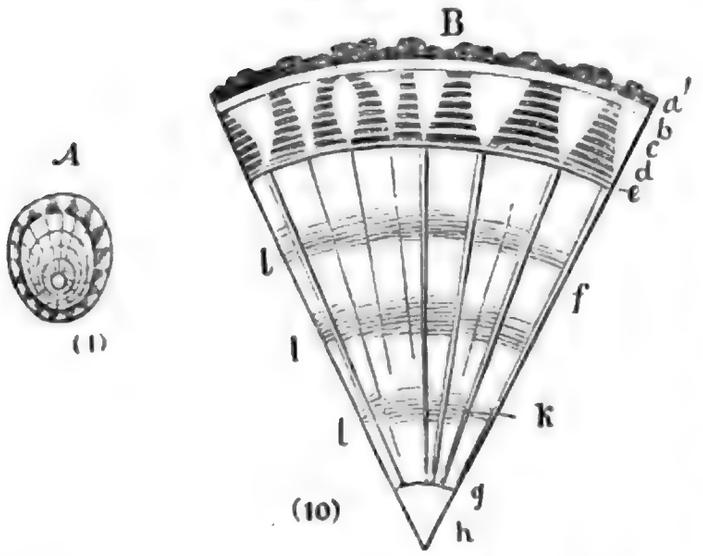
Fig. 37.



Deutlicher werden diese Verhältnisse bei einer mäßigen Vergrößerung durch die Loupe (Fig. 37. *B*). Man erkennt dann leicht von außen nach innen die Oberhaut (*a*), die Rinde (*b*), den äußeren (*c*) und den inneren (*e*) Theil des Gefäßbündels, zwischen beiden die sehr saftige dunkelgrüne Substanz (*d*), endlich ganz nach innen den noch unzerstörten Rest des Markes (*f*).

Vergleichen wir endlich noch den vierjährigen Zweig einer Linde im Querschnitt (Fig. 38. *A*), so haben wir wieder eine etwas andere Erscheinung, die sich ebenfalls bei mäßiger Vergrößerung besser darlegen läßt (Fig. 38. *B**)). Hier erkennen wir folgende Schichten. 1. Die Rinde von *a* bis *d* mit mehreren später zu erläuternden Unterabtheilungen; hiervon entsprechen die quer gestreiften Pyramiden dem äußeren Theile des Gefäßbündels bei der Erbse (Fig. 37. *B*, *c*). 2. Eine ganz schmale, sehr saftreiche Schicht (*e*), der ähnlichen Schicht bei der Erbse (Fig. 37. *B*, *d*) gleich. 3. Ferner das Holz (*f*, *g*, *l*, *l*, *l*) mit mehreren ebenfalls später zu erläuternden Unterabtheilungen und dem inneren Theile des Gefäßbündels bei der Erbse (Fig. 37. *B*, *e*) an die Seite zu setzen. 4. Endlich das Mark (*h*).

Fig. 38.



Diese drei Beobachtungen leiten uns auf einige wesentliche Verschiedenheiten in der Natur der Gefäßbündel, und wir müssen danach die folgenden Betrachtungeu eintheilen. Der auffallendste Unterschied tritt uns entgegen zwischen dem Gefäßbündel im ersten Jahre seiner Existenz und dem

*) Fig. 38. *B* stellt nur einen aus dem ganzen Querschnitt *A* ausgeschnittenen Keil 10 mal vergrößert vor.

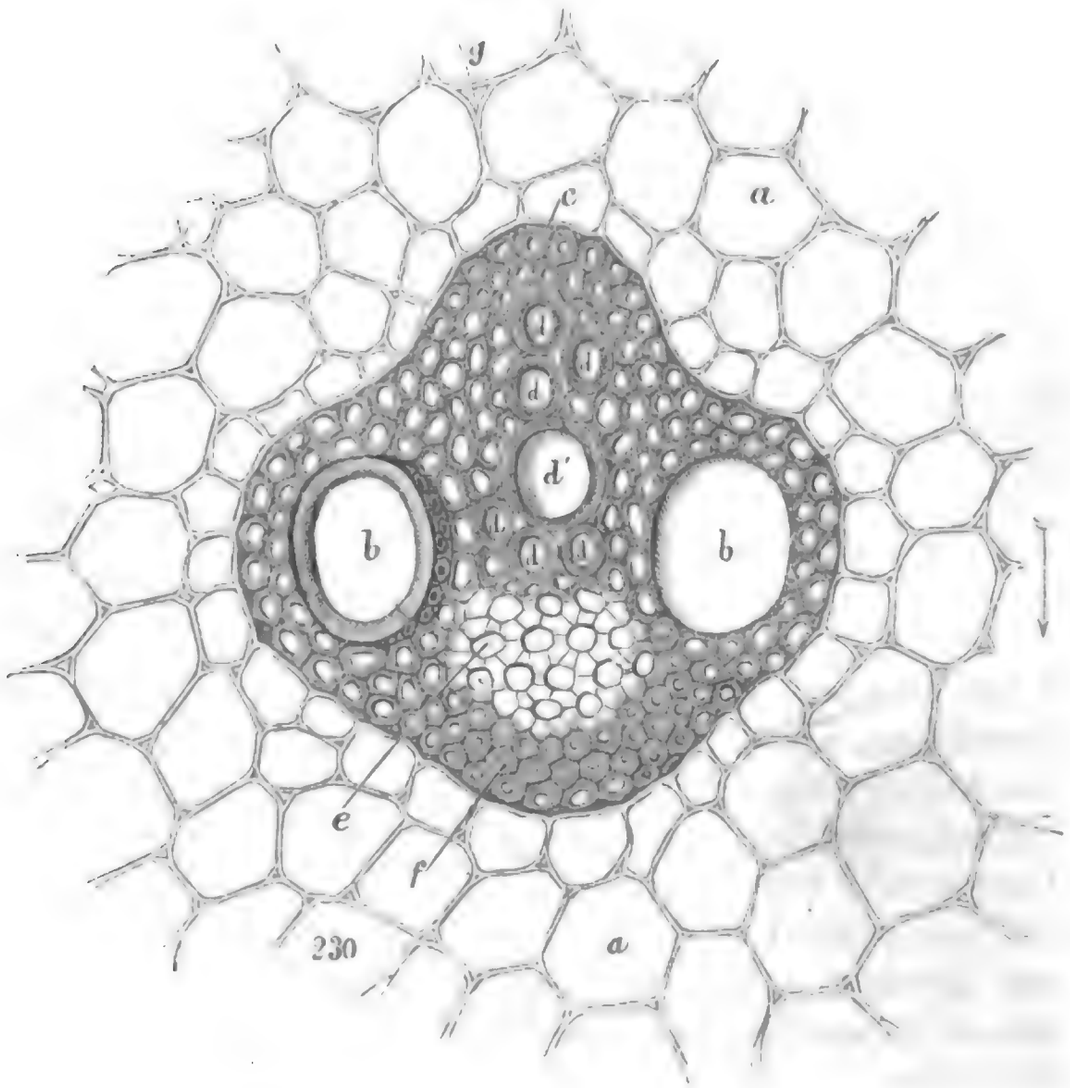
Digitized by Google

zu Holz umgebildeten mehrjährigen; dies giebt uns die Haupteintheilung 1) über die urſprünglichen oder primären Gefäßbündel, 2) über das Holz; daneben betrachten wir dann noch in einer dritten Unterſuchung die Entwicklung beider aus dem Bildungsgewebe.

1. Primäre Gefäßbündel.

§. 22. Wir beginnen zunächſt mit einer genauen Betrachtung der Gefäßbündel der beiden zuerſt erwähnten Pflanzen. Wenn wir den Querſchnitt des Maisſtengels ſtärker vergrößern, ſo erſcheinen uns die weißlichen Pünktchen oder die quer durchſchnittenen Gefäßbündel, wie Fig. 39, in welcher der Pfeil die Richtung von innen und außen angiebt. Umgeben von

Fig. 39.

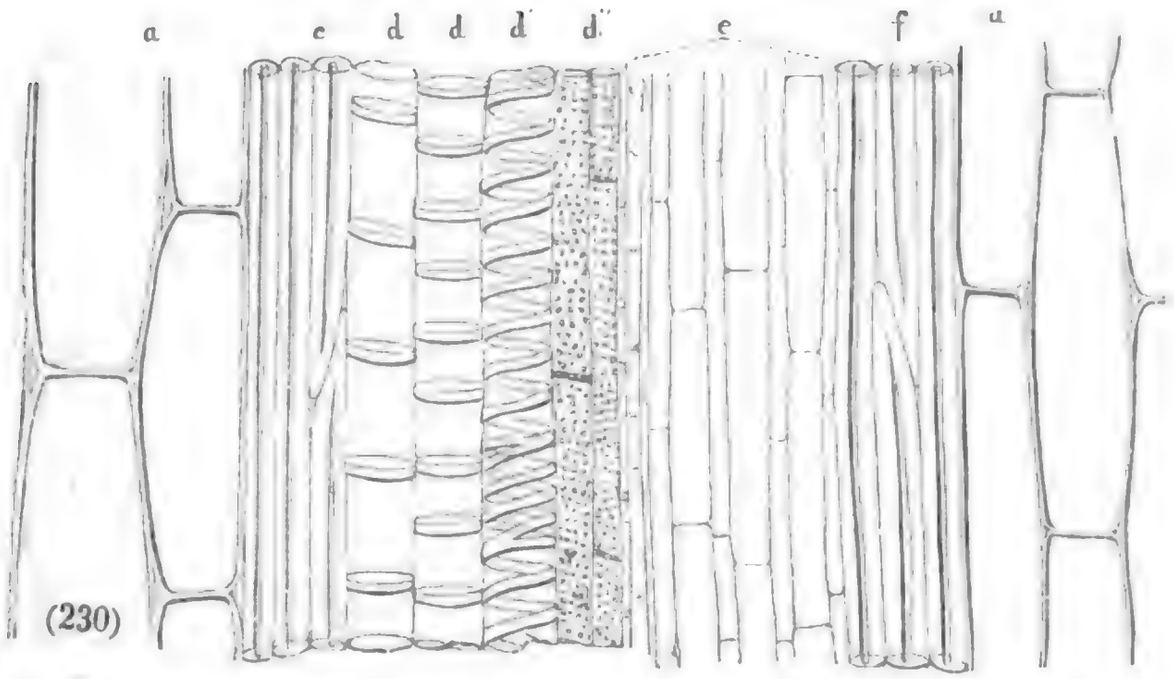


ſehr großzelligem Gewebe (*a*, *a*), in welchem auffallend weite Zwiſchenzellengänge (*g*) ſich befinden, liegt das größtentheils aus engen und dickwandigen Zellen zuſammengeſetzte Gefäßbündel. Die dickwandigſten Zellen liegen nach Außen und Innen (*f* und *e*), Baſtzellen genannt; nach

Digitized by Google

Außen vor den letzteren liegen einige quer durchschnittene Gefäße (*d d d d' d'' d'' d''*). Zwischen diesen und den äußeren Baſtzellen iſt ein eigenthümliches, zartwandiges und ſehr klares Gewebe (*e*), welches als Bildungsgewebe bezeichnet werden kann. Rechts und links ſind noch zwei auffallend große Gefäße (*b*, *b'*). Der übrige Raum wird von ſehr langgeſtreckten, mäßig dickwandigen Zellen ausgefüllt. Ein Längsſchnitt in der Richtung von Innen nach Außen genau durch die Mitte des Gefäßbündels läßt uns die Einzelheiten deutlich erkennen (Fig. 40). Wir finden hier dieſelben Theile wie in der vorigen Figur mit denſelben Buchſtaben bezeichnet. *a*, *a* das umgebende weitzellige Gewebe, *c*, *f* die inneren

Fig. 40.

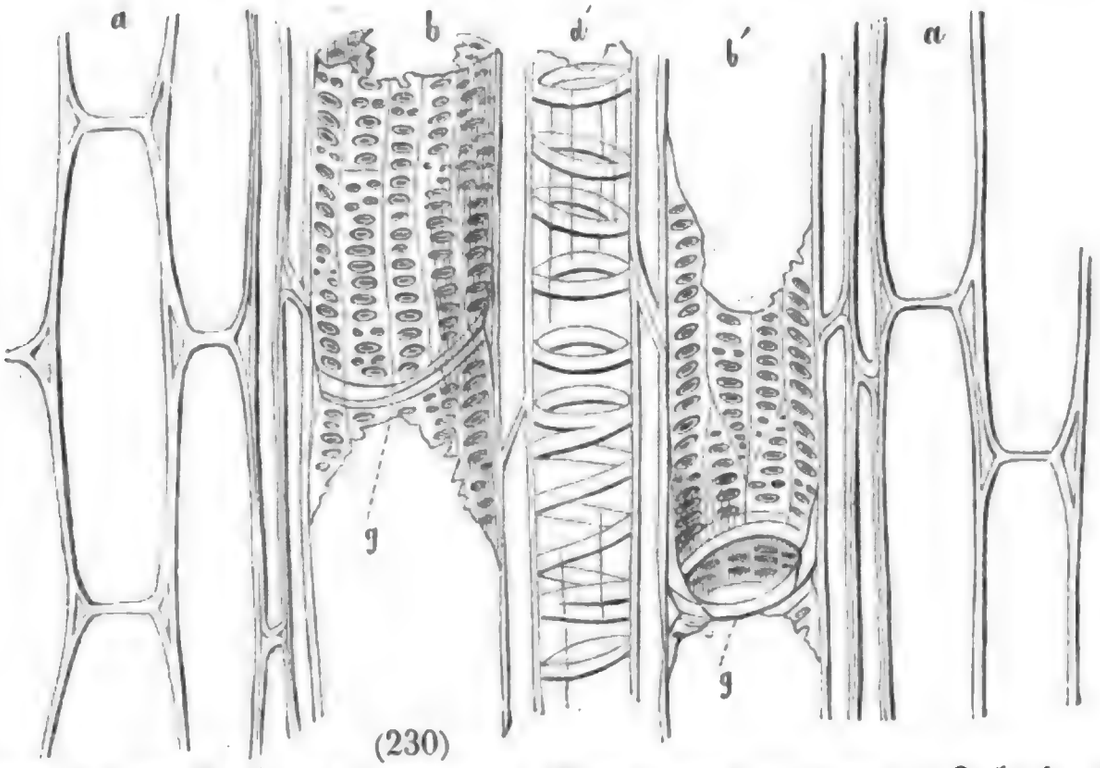


und äußeren langgeſtreckten Baſtzellen, *d*, *d* zwei Ring-, *d'* ein Spiral- und *d''* zwei kleine, poröſe Gefäße, endlich *e* das Bildungsgewebe. Um ganz vollſtändig orientirt zu ſein, muß man aber noch einen Längsſchnitt betrachten, der ſo geführt iſt, daß er den vorigen im rechten Winkel durchſchneidet und die beiden großen Gefäße ſtreift, wie in Fig. 41 auf folg. Seite. Die ſehr weiten Zellen (*a*, *a*) unterſcheiden ſich hier ſehr auffallend von den ſehr engen, langgeſtreckten Zellen, die rechts und links zu äußerſt im Gefäßbündel liegen und auch die beiden großen poröſen Gefäße (*b*, *b*) von dem halb ring-, halb ſpiralförmigen Gefäß *d'* trennen. An den beiden großen Gefäßen zeigen ſich noch einige bemerkenswerthe Eigenheiten. Zunächſt erkennt man gleich, daß die Poren auf der Zellenwand ſo geordnet ſind, daß ſie den Wänden der anliegenden Zellen entſprechen, was um ſo deutlicher hervortritt, da man noch deutlich die Spuren der durch den Schnitt entfernten Zellen erkennt. Sodann zeigt ſich bei *g*, *g* die Stelle, wo zwei Gefäßzellen auf einander ſtoßen; rechts, wo durch den Schnitt

Digitized by Google

ein großer Theil der Wand des Gefäßes entfernt iſt, erkennt man deutlich,

Fig. 41.



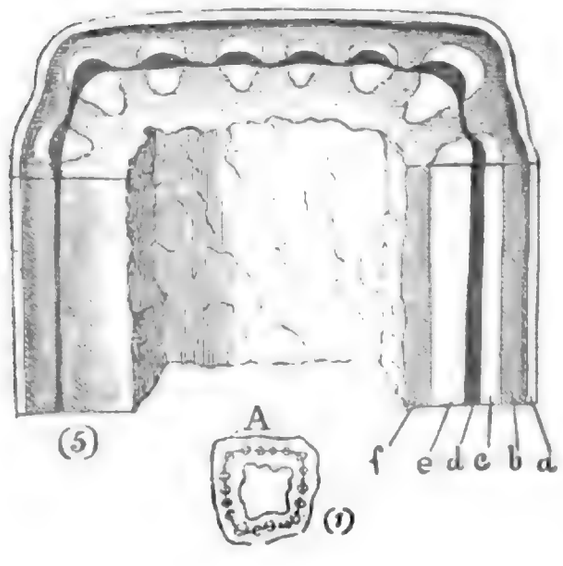
(230)

daß die beide Gefäßzellen trennende Wand von einem großen Loche durchbrochen iſt (oben §. 18). Dieſelbe Erſcheinung zeigt ſich in dem dargeſtellten Querſchnitt Fig. 39. an dem großen Gefäß links.

Sehr leicht wird man nun nach dem hier Mitgetheilten ſich mit Hülfe eines kleinen Mikroſkops im Maisſtengel und in den Erſcheinungen, die auch weniger vollkommene Längs- und Querſchnitte zeigen, zurechtfinden können, und faſt ganz genau ebenſo ſind die Gefäßbündel ſämmtlicher Gräſer gebaut.

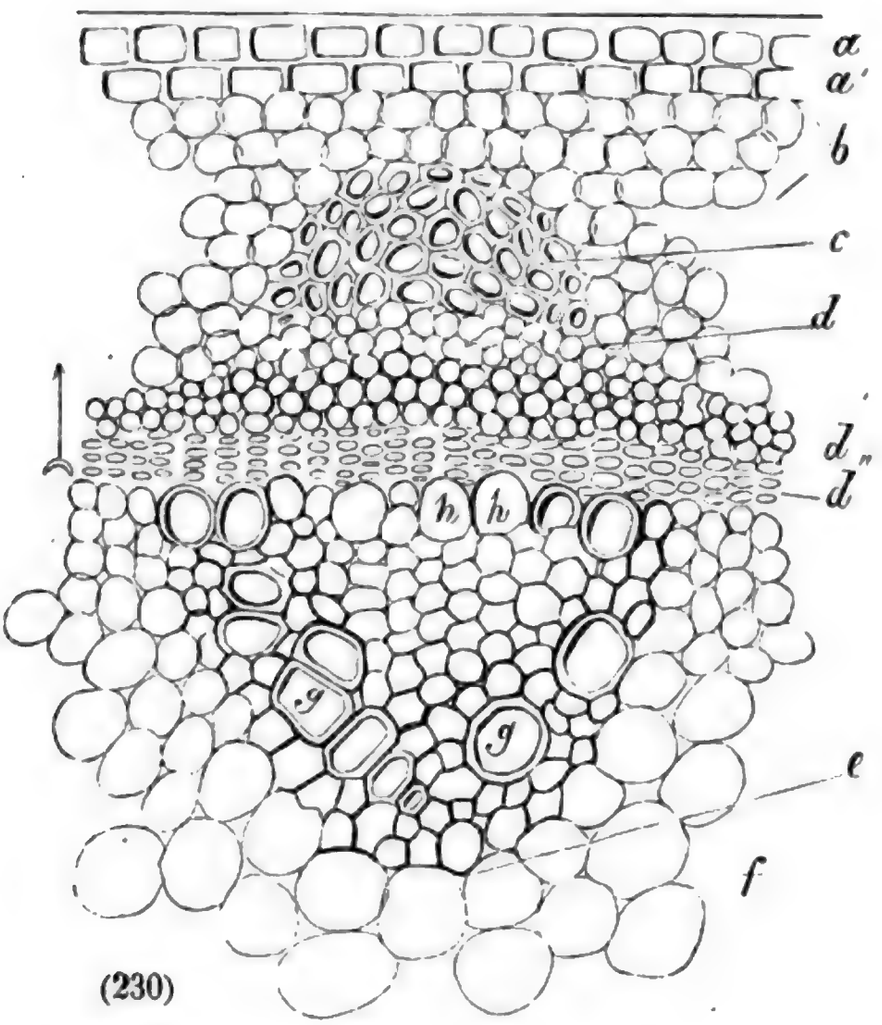
Fig. 42.

B



Ich gehe zum Gefäßbündel der Erbſe über, deſſen Querſchnitt die Fig. 43 (ſ. folg. Seite) darſtellt. Vergleicht man denſelben mit Fig. 42., ſo wird man ſich leicht zurechtfinden, wenn man folgende Buchſtaben der letzten Figur, auf die der Fig. 43 bezieht, nämlich *a* auf *a*; *b* auf *a'* und *b*; *c* auf *c*; *d* auf *d*, *d'*, *d''*; *f* auf *f*, und endlich *e* auf die halbkreisförmige Zellgewebsgruppe zwiſchen *h h* und *e*, welche ſich von den Markzellen *f* und den rechts und links liegenden Zellen (welche

Fig. 43.



(230)

in Fig. 42. *B.* die einzelnen Gefäßbündel von einander trennen) durch etwas dickere Wände (in der Zeichnung durch ſtarke Umriſſe angedeutet) unterſcheiden. Zum Gefäßbündel ſelbſt gehört hier zunächſt Folgendes, welches im Ganzen eine gewiſſe Uebereinſtimmung mit dem Gefäßbündel des Maisſtengels nicht verkennen läßt. Ganz nach Außen zeigt ſich ein Bündel Baſtzellen (*c*), daran ſchließt ſich nach innen zunächſt das Bildungsgewebe *d*, *d'*, *d''*, welches aber hier nicht auf die Mitte des Gefäßbündels beſchränkt iſt, ſondern zu beiden Seiten über daſſelbe hinaustritt und ſich bis zu den nächſten Gefäßbündeln fortſetzt und ſo einen ununterbrochenen Kreis im ganzen Umfange des Stengels darſtellt. Nach Innen auf das Bildungsgewebe folgt der aus Gefäßen und langgeſtreckten Zellen beſtehende Theil des Gefäßbündels. Die Gefäße unterſcheiden ſich im älteren Theile des Gefäßbündels leicht durch ihre dickeren Wände (*g*, *g*), im jüngeren Theile aber durch ihre größere Weite (*h*, *h*). Auch hier wird das Ganze deutlicher durch einen das Gefäßbündel von innen nach außen in der Mitte ſpaltenden Längsſchnitt, wie ihn Fig. 44., 45. (ſ. f. S.) darſtellt, in einer etwas ſtärkeren Vergrößerung als der Querſchnitt gezeichnet. Die gleichen Buchſtaben haben hier ganz dieſelbe Bedeutung wie im Querſchnitt,

Digitized by Google

wonach man sich leicht zurechtfinden kann. Im Wesentlichen zeigen die Gefäßbündel aller wichtigen Culturpflanzen mit Ausnahme der grasartigen, der zwiebelähnlichen und lilienartigen Gewächse ganz denselben Bau.

Fig. 45.

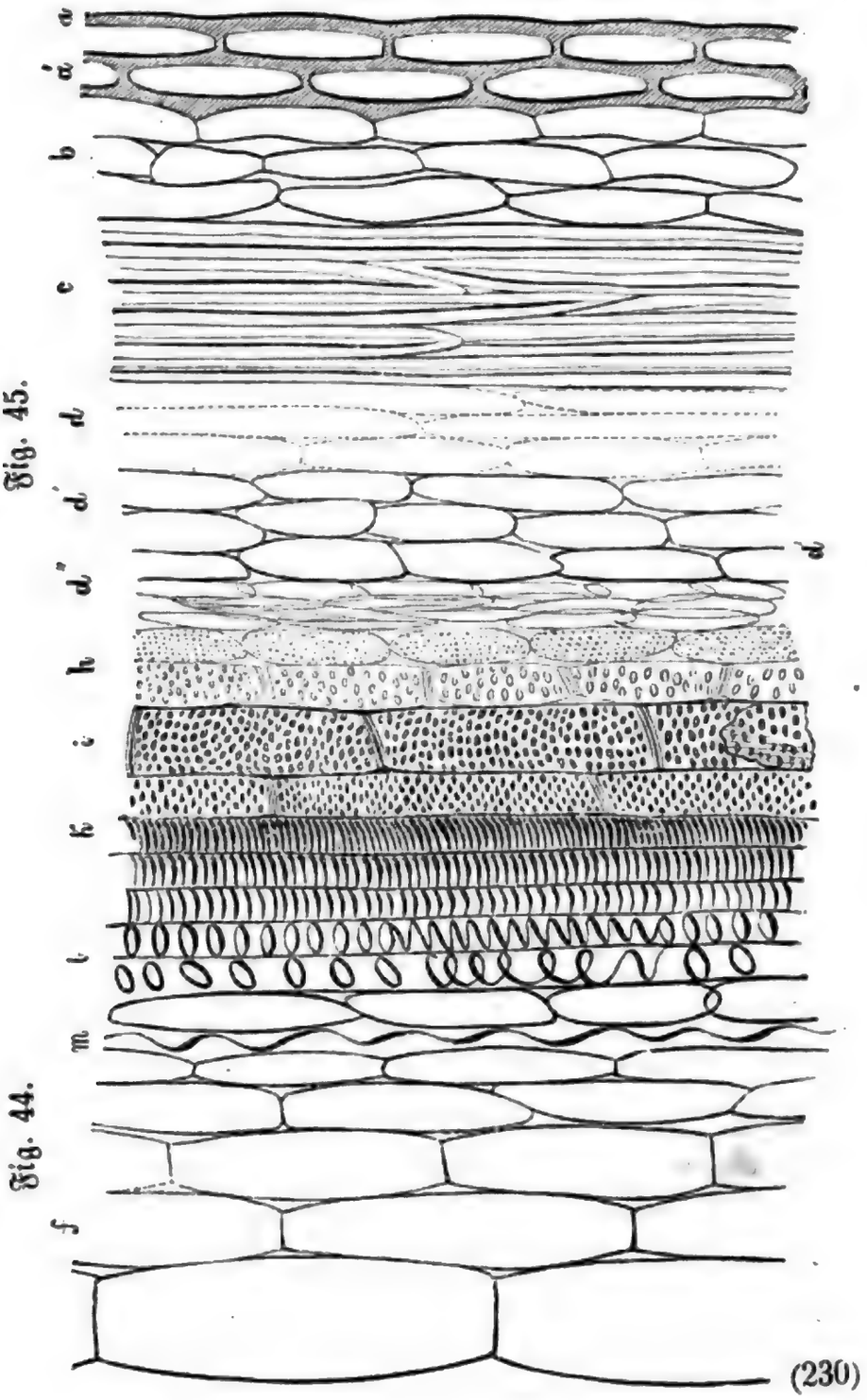


Fig. 44.

(230)

Ueberhaupt sind die Verschiedenheiten der Gefäßbündel unter einander äußerst gering und beschränken sich fast nur auf ihren Umriß im Querschnitt, sowie auf die Zahl, Anordnung und Form der Gefäße. Fast der einzige wesentliche Unterschied ist der, welcher zwischen den beiden beispielsweise genauer beschriebenen hervortritt; dieser ist aber auch um so bedeutender,

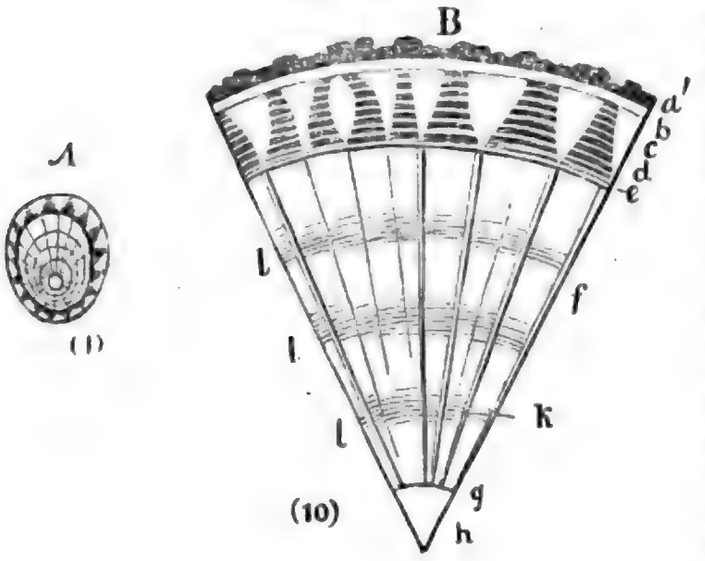
Digitized by Google

als er das einzige ausnahmslose Kennzeichen zur Unterscheidung der beiden großen Hauptabtheilungen der offenbarblühenden Pflanzen hergiebt, nämlich die Verschiedenheiten, welche sich zwischen der Anordnung und Natur des Bildungsgewebes zwischen den einsamenlappigen und zweisamenlappigen Pflanzen zeigen. Dies Verhältniß kann aber erst deutlich gemacht werden durch eine genauere Betrachtung des Bildungsgewebes und der Entwicklungsgeschichte der Gefäßbündel. Ich gehe hier zunächst zur Untersuchung des Holzes über.

2. Das Holz.

Es wird sich ebenfalls erst im Paragraphen über das Bildungsgewebe die auffallende Erscheinung erklären lassen, daß wir eigentliches Holz nur bei den zweisamenlappigen Pflanzen antreffen. §. 23.

Fig. 46.



Der vierjährige Zweig einer Linde (Fig. 46. *B*) läßt uns bei mäßiger Vergrößerung die wesentlicheren Theile des Holzes deutlich unterscheiden. Es zeigt sich nämlich durch drei etwas anders gefärbte Kreise (*l*, *l*, *l*) in vier von innen nach außen auf einander folgende Portionen getheilt. Da diese Portionen auf dem ganzen Querschnitte (Fig. 46. *A*) Ringe bilden und dem jährlichen Zuwachs des Holzes entsprechen, so hat man sie Jahresringe genannt. Nach der verschiedenen Vegetation in den verschiedenen Jahren sind sie verschieden dick, und selbst ein und derselbe Jahresring ist in den verschiedenen Theilen seines Umfangs verschieden dick, je nachdem er von der gerade unter dem einen oder anderen Theil abgehenden Wurzel besser oder schlechter ernährt worden ist. Durch andere, gerade von innen nach außen verlaufende Streifen (*k*) wird das Holz in keilförmige Portionen abgetheilt; diese Streifen, welche aus Zellen bestehen, die horizontal von innen nach außen gestreckt sind, nennt man Markstrahlen oder mit dem Ausdrucke der Tischler Spiegelfasern. Einige reichen ganz vom Mark bis zur Rinde, andere beginnen mitten im Holze und hören auch oft mitten im Holze wieder auf.

Das Wesentliche des Holzes besteht in den Holzzellen. Dies sind langgestreckte, an beiden Enden zugespitzte, ziemlich dickwandige, steife Zel-

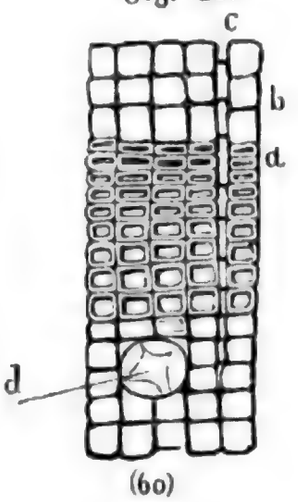
Digitized by Google

len, gewöhnlich mit mehr oder weniger deutlichen Poren bezeichnet. Daneben finden ſich bei vielen Hölzern noch ſogenannte Gefäße (meiſtens poröſe) ein. Den beſten Begriff der Holzbildung macht man ſich durch genauere Unterſuchung einiger Beiſpiele. Die Nadelhölzer haben ein ſehr einfaches Holz, es beſteht nämlich allein aus Holzzellen. Betrachtet man einen ſauberen Querſchnitt von der gemeinen Kiefer mit unbewaffnetem Auge (Fig. 47), ſo erkennt man auffallend deutlich die Jahresringe an den braunen Kreiſen (*a*), und damit ſich kreuzend die zahlreichen Markſtrahlen. Ein kleines Stückchen (Fig. 47, *d*) dieſes Querſchnitts

Fig. 47.

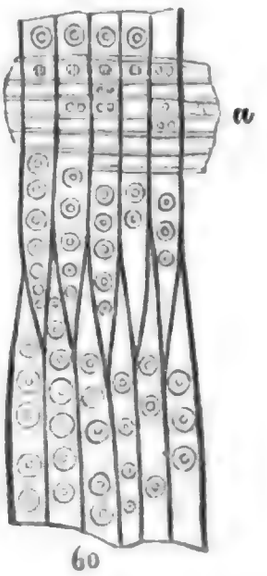
(1)

Fig. 48.



(60)

Fig. 49.



60

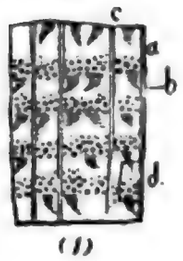
ſtärker vergrößert (Fig. 48) zeigt uns ziemlich gleichförmige, faſt viereckige Zellen, die gegen *a* hin, nämlich gegen Ende des Jahresringes immer ſchmäler und ſtärker verdickt werden, wogegen der neue Jahresring plötzlich mit ſehr weiten, dünnwandigen Zellen (*b*) wieder beginnt. Bei *c* erkennt man die Markſtrahlenzellen, bei *d* einen von vier ſehr zartwandigen Zellen begrenzten Harzgang, wie ſolche häufig im Kiefernholze vorkommen. Daſſelbe Holz in einem genau von Innen nach Außen gehenden Längsſchnitt zeigt die poröſen Holzzellen und bei *a* die quer vorbeilaufenden Zellen eines Markſtrahls.

Dieſem höchſt einfach gebauten Holz wollen wir ein anderes ziemlich complicirtes gegenüber ſtellen. Nicht allein nämlich kommen im Eichenholz zahlreiche und große Gefäße vor, ſondern es finden ſich auch zweierlei Arten von Holzzellen. Schon mit unbewaffnetem Auge erkennt man am Eichenholze (ſihe auf folgende Seite Fig. 50.) dreierlei verſchiedene Gewebtheile außer den Markſtrahlen (*c*), nämlich die ſchon mit bloßen Augen erkennbaren großen Gefäße im Anfange jedes Jahrringes, die Holzzellen *a* und kleine glänzende offenbar feſtere Maſſen, die keilförmig in das Ende jedes Jahrringes eingeſcho-

Digitized by Google

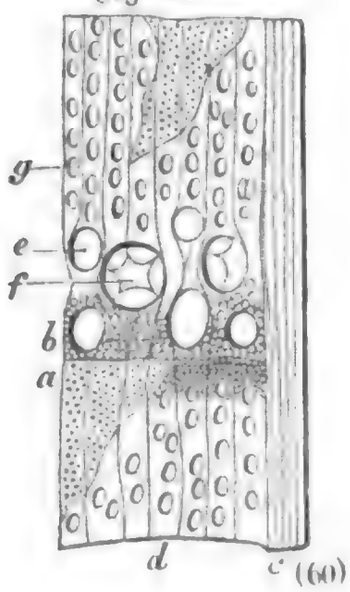
ben erſcheinen (*b*). Das kleine Stückchen *d* dieſes Querſchnittes, ſtärker vergrößert, giebt das Bild (Fig. 51.). Zwiſchen *a* und *b* iſt hier die

Fig. 50.



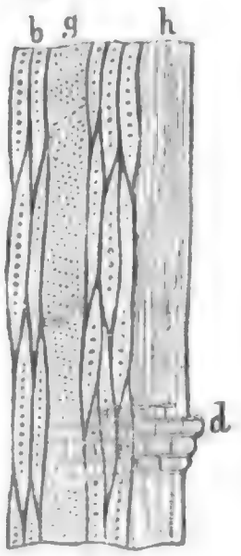
(1)

Fig. 51.



(60)

Fig. 52.



60

Grenze des Jahrringes; gegen Ende deſſelben werden die Gefäße *g* und die gewöhnlichen Holzzellen kleiner, und es finden ſich nur hier am Ende des Jahrringes die keilförmigen Partien (*h*) viel ſtärker verdickter und länger geſtreckter Holzzellen ein, welche dem Eichenholz ein ſo eigenthümliches Ausſehen auf dem Querſchnitte verleihen. Der neue Jahresring beginnt (bei *b*) mit größeren Holzzellen und auffallend großen Gefäßen (*e*). Bei altem Holze ſind gewöhnlich einige dieſer letzteren ganz oder theilweiſe mit ſpäter entſtandenen Zellen ausgefüllt, (*f*). Außer den größeren Markſtrahlen (*c*), welche das Holz in breite ſtrahlige Streifen theilen, finden ſich noch ganz feine Markſtrahlen (*d*), welche jeden ſolchen Streifen abermals gleichſam in ſchmale Bänder theilen. Die Structur dieſer Theile wird noch deutlicher durch einen ſenkrecht auf die Rinde und durch das Mark geführten Längsſchnitt (Fig. 52.), in welchem die gleichen Buchſtaben gleiche Bedeutung haben; der Schnitt iſt zwar bei gleicher Vergrößerung unterſucht, aber des leichteren Zeichnens wegen etwas größer dargeſtellt.

3. Das Bildungsgewebe.

§. 24. Es bedarf keines weiteren Nachweiſes, daß ein Eichbaum eine größere Anzahl von Zellen enthalten muß, als der Keim deſſelben in der Eichel; d. h. es müſſen ſich beim Wachsthumsproceß der Pflanze fortwährend neue Zelle bilden. Dies geſchieht aber nicht gleichmäßig in allen Theilen, ſondern nur in beſtimmten Zellgewebsportionen, und man nennt eben das Zellgewebe, in welchem neue Zellen entſtehen, das Bil-

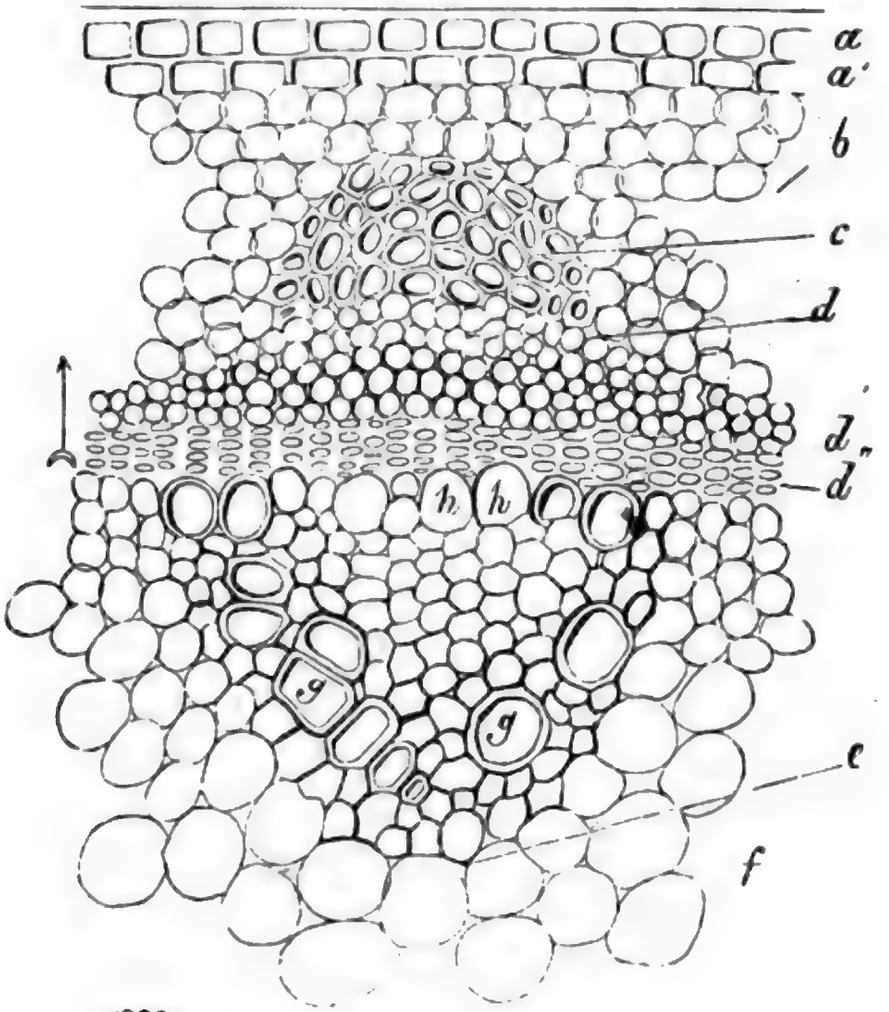
Digitized by Google

dungsgewebe. Im ersten Beginne der Entwicklung ist die ganze Pflanze nur Bildungsgewebe, nach und nach aber scheiden sich gewisse Gruppen von Zellen aus, in welchen keine neue Bildungen mehr vorkommen, so die Oberhaut (mit der oben, S. 55, erörterten Ausnahme), dann das Füllgewebe sowohl in der Mitte des Pflanzentheils oder der Pflanze, als auch unmittelbar unter der Oberhaut, also was man gewöhnlich Mark und Rinde zu nennen pflegt. Dazwischen bleibt nun für eine gewisse Zeit bei allen ein Bildungsgewebe zurück, aus welchem sich allmälig die Gefäßbündel entwickelen, und zwar so, daß die neu entstandenen Zellen entweder nach innen sich ablagern als Gefäße und Holzzellen, oder nach außen als Bastzellen. Hierbei findet nun aber eine wesentliche Verschiedenheit zwischen den beiden großen Hauptabtheilungen der offenbarblühenden Pflanzen Statt, die sogleich in die Augen fällt, weun man nur die Gefäßbündel zweier Pflanzen aus beiden Abtheilungen zusammenstellt, (Fig. 53. und 54). Bei den einsamenlappigen Pflanzen, zu welchen sämmtliche Gräser gehören, ist das Gefäßbündel völlig abgeschlossen ringsumher vom gewöhn-

Fig. 53.

lichen Zellgewebe umgeben, bei der Erbse dagegen, welche zur Abtheilung der zweisamenlappigen Pflanzen gehört, steht jedes Gefäßbündel mit seinen Nachbaren durch das sich rechts und links über das Gefäßbündel hinaus fortsetzende Bildungsgewebe in Verbindung, bei den ersteren ist der Bast ein untrennbarer Theil des Gefäßbündels, bei letzteren scheint er vielmehr der Rinde anzugehören. Das Wichtigste ist aber, daß wenn auch beide Arten von Gefäßbündeln in ihrer inneren Hälfte sich allmälig von Innen nach Außen gebildet haben, doch bei den einsamenlappigen Pflanzen schon sehr früh das Bildungsgewebe seinen Charakter verliert, und als ein klares, wasserhelles, für fernere Fortbildung unfähiges Zellgewebe in Gefäßbündel eingeschlossen verharrt, während bei den zweisamenlappigen dasselbe Gewebe fortfährt, unausgesetzt neue Zellen zu bilden, welche sich nach Außen (Fig. 54, *d*.) dem Bast und der Rinde, nach Innen (Fig. 54. *d''*), dem Gefäßbündel und den Markstrahlen anreihen. Dadurch wird insbesondere der innere Gefäßbündeltheil fortwährend durch Anlage neuer Substanz nach Außen hin verdickt, so lange überhaupt noch Leben in dem Pflanzentheile ist. Daher verschwindet

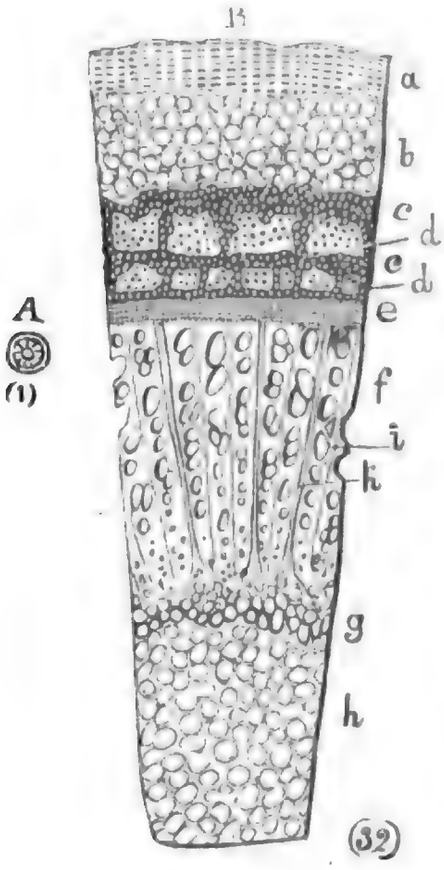
Fig. 54.



(230)

denn bei allen den zweisamenlappigen Pflanzen, deren Lebensfähigkeit nicht schon im ersten Jahre durch Blüthen- und Fruchtbildung erschöpft wird, sehr bald die ursprüngliche Aehnlichkeit der Gefäßbündel mit anderen zur Verdickung nach Außen unfähigen Gefäßbündeln. Indem jene Gefäßbündel von Jahr zu Jahr sich verdicken, nimmt auch der Stengel dadurch an Dicke zu und wird zum Stamme. Das später entstandene Gewebe gleicht aber, weil es unter etwas verschiedenen Verhältnissen entstand, nicht mehr ganz dem des ursprünglichen Gefäßbündels, es ist mit einem Worte Holz. Gewöhnlich unterscheiden sich die Gefäßbündel der holzbildenden Pflanzen schon am Ende des ersten Jahres von denen der krautartigen Pflanzen, bei letzteren bleibt nämlich die Fortbildung des Gefäßbündels immer eine sehr langsame, weil die Blüthenbildung schon früh einen großen Theil des Nahrungsstoffes in Anspruch nimmt. Verhindert man aber die Blüthenbildung durch Abkneipen der Blüthenknospen gleich bei ihrer ersten Anlage, so erstarkt dadurch der Stengel und man kann auf diese Weise eine sonst einjährige Pflanze zwingen, eine perennirende holzbildende zu werden, ein Kunststück, welches früher häufig von holländischen Gärtnern bei der Reseda ausgeführt wurde, welche sie auf diese Weise zu kleinen zierlichen Bäumchen erzogen. Der Unterschied zwischen dem Gefäßbündelkreise einer holzbildenden Pflanze und einer krautartigen ergiebt sich am besten aus der Vergleichung des Erbsenstengels mit einem einjährigen Lindentrieb (Fig. 55. *A.* natürliche Größe, *B.* ein vergrößerter Ausschnitt davon). Die im Anfang getrennten Gefäßbündel bei *g* dehnen sich bei ihrer Fortbildung nicht nur nach Außen, sondern auch nach beiden Seiten aus, und drängen dadurch das zwischen ihnen befindliche Zellgewebe zu den großen Markstrahlen (*k*) zusammen und bilden so nach Außen hin (*f*) mehr einen geschlossenen Gefäßbündelkreis, als einzelne Gefäßbündel.

Fig. 55.



Unter den gewöhnlichen Culturpflanzen unterscheiden sich zwar die einsamenlappigen Pflanzen auch schon durch ihr äußeres Ansehen so bedeutend von den zweisamenlappigen, daß eine Verwechselung für den einigerma-

ßen Unterrichteten nicht leicht möglich iſt, wenn wir aber die geſammte Pflanzenwelt in's Auge faſſen, ſo giebt es nur ein einziges Mittel, wodurch wir ſogleich ſicher beide Arten von Pflanzen unterſcheiden können, das iſt nämlich eine Unterſuchung des Bildungsgewebes, welches bei den zweiſamenlappigen Pflanzen immer ſeinen Charakter bewahrt, d. h. ein zartwandiges Zellgewebe mit trübem, eiweißreichem Inhalte bleibt, und ſo ſich auf den erſten Blick von dem umgewandelten, gleichſam erſchöpften Bildungsgewebe der einſamenlappigen Pflanzen unterſcheidet.

Die meiſten einſamenlappigen Pflanzen ſind keiner weiteren Verdickung ihres Stengels fähig, ſelbſt wenn derſelbe noch ſo lange ausdauert, wie z. B. die meiſten Palmen, eben deshalb weil das einzige Bildungsgewebe, welches ſie beſitzen, in den Gefäßbündeln eingeſchloſſen, bald aufhört ſich weiter zu entwickeln; bei einigen anderen (z. B. bei den Aloearten) kommt noch außerdem ein Kreis von Bildungsgewebe in einiger Entfernung unter der Oberhaut des Stengels vor, und in dieſem entſtehen denn aus den neu gebildeten Zellen fortwährend auch neue Gefäßbündel, die aber jedes für ſich ebenfalls ſehr bald wieder zu weiterer Fortentwicklung unfähig werden, und eben deshalb findet ſich bei ihnen, wenn ſie noch ſo alt und noch ſo dick werden, niemals ein eigentliches Holz, ſondern nur ein beſonders im Umfange des Stammes ſehr dichtes Gewebe von Gefäßbündeln.

Dieſes Bildungsgewebe iſt es, welches ſich bei unſeren Bäumen im Frühjahr beſonders leicht als eine eigenthümliche ſchleimige Subſtanz wahrnehmen läßt, wenn man die Rinde vom Holz abſtreift. Eine natürliche Trennung findet dabei nie Statt, aber die härtere Rinde und das noch härtere Holz laſſen ſich deshalb leicht trennen, weil ſie nur durch das ganz zarte und zur Frühlingszeit (bei ſogenanntem Safttrieb) äußerſt ſafterfüllte Bildungsgewebe verbunden ſind. Es wurde ſchon oben erwähnt, daß das Bildungsgewebe ſowohl nach Innen neue Zellen zur Vergrößerung des Gefäßbündels abgiebt, als nach Außen zur Vermehrung des Baſtes. Dies letztere Verhältniß verdient noch eine nähere Erläuterung. Bei den zweiſamenlappigen Pflanzen bildet, wie bemerkt, das Bildungsgewebe einen vollſtändigen Kreis im ganzen Umfange des Stengels; indem es nun nach außen hin neue Zellen ablagert, ſo verdickt es nicht nur den Baſt, ſondern auch das zwiſchen den Baſtzellen liegende Gewebe, welches man mit zur Rinde rechnet, obwohl es in der That nichts als die Fortſetzung der Markſtrahlen iſt. Dieſe Verdickung des Baſtes und der Rinde wird aber bei manchen Pflanzen zuweilen dadurch unterbrochen, daß die neu gebildeten Zellen nicht Baſt und Rinde werden, ſondern ſich in ein Gewebe umwandeln, welches dem der oben (S 55) beſchriebenen

Korkschicht ganz gleich ist, und zum Unterschied Borkenschicht genannt wird. Hat diese eigenthümliche Bildung einmal begonnen, so wird gewöhnlich ganz regelmäßig jedes Jahr eine Lage Borkengewebe und eine Lage Bast und Rinde gebildet, während durch Zerstörung einer Zellenlage in dieser Borkenschicht alles nach außen Liegende, also Korkschicht, Rinde und älterer Bast, abgeworfen wird. Bei Pflanzen, die diese Eigenheit zeigen, wie z. B. beim Weinstock, bleibt daher die Rinde immer ganz dünn und nur das Product eines Jahres.

Auf dieses Bildungsgewebe beschränkt sich eigentlich das Leben des Stammes, denn die Rinde und das Holz fangen bald an jenes von Außen her, dieses von Innen heraus abzusterben und deshalb kann man auch einen alten Weidenstamm ganz aushöhlen und einen großen Theil der Rinde abschälen, ohne daß er im Geringsten anders darunter leidet, als daß er seine feste Stütze gegen Stürme verliert, und daher leichter abbricht.

Es ist ferner die Kenntniß dieses Verhältnisses, welches uns die Vorgänge beim Pfropfen, Oculiren und ähnlichen Gartenoperationen erklärt und uns eine Richtschnur für das sichere Gelingen an die Hand giebt. Es kommt hier nämlich Alles darauf an, möglichst viel Bildungsgewebe, d. h. lebendiges Zellgewebe, von beiden zu vereinigenden Theilen in möglichst genaue Berührung zu bringen, indem dann die beiderseits neu entstehenden Zellen leicht mit einander verwachsen.

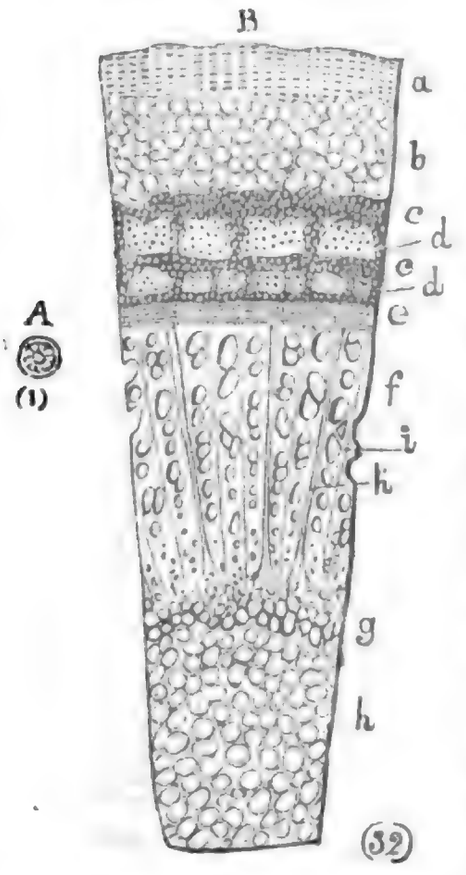
Im Bisherigen wurde vom Bildungsgewebe nur in Bezug auf die Gefäßbündel und den Umfang des Stengels gesprochen. Alles Bildungsgewebe setzt sich aber durch die ganze Länge des Stengels hindurch fort und läuft an seiner Spitze in einem Punkt zusammen. Hier an dieser Stelle besitzen alle Pflanzen ohne Ausnahme Bildungsgewebe. Jeder Stengel (und was von ihm gesagt wird, gilt auch von jedem Zweige) kann sich also bis in's Unendliche verlängeren und es giebt keine in der Pflanze selbst liegende Ursache, welche dieser endlosen Verlängerung eine Grenze setzte, als die Entwicklnug einer Blüthe an der Spitze eines Stengels oder Zweiges, womit jedes weitere Wachsthum abgeschnitten ist. Auf diesem Verhältniß beruht auch die Möglichkeit, jeden beliebigen Zweig, und nähme man die höchste Spitze der höchsten Pappel, zum Steckreis zu benutzen, um abermals einen Baum aus ihm zu erziehen. Endlich gilt das hier so eben Gesagte auch noch in ähnlicher Weise von der Spitze der Wurzel.

Digitized by Google

III. Das Füllgewebe.

Alles, was nach Abzug der Oberhaut (oder ſpäter der Korkſchicht), der Gefäßbündel (oder ſpäter des Holzes), endlich des Bildungsgewebes (oder unter Umſtänden ſpäter noch der Borkenſchicht) noch von der Pflanze übrig bleibt, das gewöhnliche Zellgewebe der Pflanze, faſſen wir als Füllgewebe oder mit dem gebräuchlichen, dem Griechiſchen entlehnten Worte als Parenchym zuſammen. Schon aus dem Vorhergehenden iſt klar, daß es ſich im Stengel füglich in drei Theile theilen läßt, nämlich das Zellgewebe innerhalb der Gefäßbündel oder das Mark, das Zellgewebe zwiſchen den Gefäßbündeln oder die Markſtrahlen und das Zellgewebe außerhalb der Gefäßbündel oder die Rinde. Da indeß, wie gezeigt, nur bei den einſamenlappigen Pflanzen der Baſt ſich eng mit dem Gefäßbündel verbindet, bei den zweiſamenlappigen dagegen (Fig. 56. *B.*) durch die hier viel wichtigere und bedeutendere Bildungsſchicht (*e*) von dem inneren eigentlich ſogenannten Gefäßbündel (*f* bis *g*) getrennt iſt, ſo pflegt man bei den letzteren Pflanzen überhaupt das Bildungsgewebe als Grenze anzuſehen, und daher den Baſt (*d*, *d*) mit zur Rinde zu rechnen; dieſe beſteht daher hier bei perennirenden Pflanzen, z. B. der Linde (Fig. 56. *B.*), aus der Korkſchicht (*a*), der eigentlichen Rinde (*b*), dem Zellgewebe zwiſchen den Baſtbündeln (*c*, *c*), endlich aus den Baſtbündeln ſelbſt (*d*, *d*). Die ganze Sache iſt aber von keiner ſehr weſentlichen Bedeutung. §. 25.

Fig. 56.



Eine deſto größere Wichtigkeit hat aber das Parenchym in ökonomiſcher Beziehung, indem alle brauchbaren Stoffe (mit Ausnahme des Baſtes, welcher die Geſpinnſtfäden liefert, und des Holzes) in den Zellen dieſes Gewebes ſich bilden, und darin abgelagert werden, weshalb auch in vielen Fällen, z. B. bei dem Rübenbau, eine Hauptaufgabe der Cultur die geweſen iſt, zunächſt eine Vermehrung des Parenchyms hervorzurufen.

Digitized by Google

Nur einige wenige Farbeſtoffe und harzartige Beſtandtheile finden ſich vorzugsweiſe im Holz, ſonſt ſind alle techniſch wichtigen Stoffe, als Gummi, Zucker, Stärke, fette Oele, Proteïnverbindungen, Harze, flüchtige Oele, Farbeſtoffe und ſo weiter im Parenchym enthalten. Deshalb ſind alle holzigen Pflanzen mit vorzugsweiſer Entwicklung des Baſtes und der Gefäßbündel nicht zu Nahrungspflanzen geeignet.

IV. Rückblick und Ueberſicht des Baues der wichtigſten, bei uns vorkommenden landwirthſchaftlichen Culturpflanzen.

§. 26. Als Hauptelementarſyſteme an der Pflanze haben wir alſo nun folgende näher kennen gelernt. Im Parenchym bildet ſie ihre wichtigſten Beſtandtheile; die Gefäßbündel zeigen uns die Bahnen der Saftbewegung an; die Oberhaut regulirt die Verdunſtung und Ausſcheidung von Gasarten, endlich im Bildungsgewebe liegt die eigentliche Kraft des Wachsthums, und zwar für unſere einſamenlappigen Culturpflanzen nur in der Spitze und in den Knospenpunkten, alſo nur ein Längswachsthum bedingend, bei den zweiſamenlappigen aber außerdem noch im ganzen Umfange des Stengels zwiſchen Rinde und Gefäßbündeln, wodurch zugleich ein Längswachsthum und ein Wachsthum in die Dicke bei dieſen Pflanzen hervorgerufen wird. Die folgende Ueberſicht wird die Zuſammenſetzung der Culturpflanzen aus dieſen Theilen noch deutlicher machen, wobei ich bemerke, daß für den Bau der Samen und der zur Fortpflanzung dienenden Knollen weiter unten ein eigener Abſchnitt beſtimmt iſt.

1. Einſamenlappige Pflanzen.

In dieſer Abtheilung ſind nur die Gräſer einſchließlich der Getreidearten zu erwähnen, welche alle einen ſehr einförmigen Bau beſitzen. Der Stengel iſt mit einer derben, ſehr mit Kieſelerde imprägnirten Oberhaut bedeckt, unter welcher noch einige Lagen ebenfalls dickwandiger derber Rindenzellen liegen. Der Länge nach iſt der Stengel von unregelmäßig zerſtreuten Gefäßbündeln durchzogen, die faſt durchweg den oben beſchriebenen das Mais gleichen. Stets ſind die Gefäßbündel nach Außen kleiner und dichter gedrängt, und bei den meiſten Gräſern bleibt in der Mitte des Stengels ein Raum (Mark) ganz frei von Gefäßbündeln. Hier ſtirbt denn aber regelmäßig das Zellgewebe ſchon ſehr früh ab, wird

Digitized by Google

beim Auswachſen des Stengels zerriſſen und zerſtört, und daher haben die meiſten Gräſer einen hohlen Stengel. Nur an den Anſatzſtellen der Blätter, den ſogenannten Knoten, verflechten ſich die Gefäßbündel quer durch den Stengel, und bilden daher hier eine Scheidewand. Beim Mais, dem Zuckerrohr und einigen anderen ſind die Gefäßbündel bis in die Mitte des Stengels hinein vertheilt, und derſelbe iſt daher hier ganz erfüllt. Das Parenchym des Grasſtengels iſt reich an Gummi und Zucker, und enthält ziemlich viel Eiweiß. Die Grasblätter ſind bekanntlich ſchmal und ganz ſo gebaut wie der Stengel, mit dem Unterſchied, daß die Gefäßbündel alle der Länge nach in einer Fläche neben einander liegen. Haare ſind im Ganzen ſelten an den Blättern und meiſt nicht ſehr lang, wenn ſie aber vorkommen (beſonders als kleine Zähne an den Blatträndern), ſo ſind ſie nicht ſelten äußerſt ſteif und wegen des Gehalts der Zellenwand an Kieſelerde ſehr ſcharf.

2. Zweiſamenlappige Pflanzen.

Unter dieſen ſind eine bei weitem größere Anzahl von Pflanzen für den landwirthſchaftlichen Gebrauch wichtig. Ich ſchließe hier aber alle eigentlichen Holzpflanzen aus, da über den Bau des Holzes ſchon das Nöthigſte geſagt iſt (§. 23.).

a. Für die Hülſengewächſe (Erbſen, Bohnen, Wicken, Klee u. ſ. w.) iſt oben (§. 22.) ſchon ein ausführliches Beiſpiel von der Gartenerbſe gegeben worden. Sie ſind theils einjährig, theils perennirend. Die einjährigen Stengel ſind ſelten wie bei der genannten Gartenerbſe hohl, gewöhnlich erfüllt, und Mark und Rinde pflegen gegen die Gefäßbündel vorzuherrſchen, daher ſie ſämmtlich, beſonders im grünen jugendlichen Zuſtande, wegen ihres Gehalts an Gummi und Zucker, und beſonders wegen ihres großen Reichthums an ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen vortreffliche Nahrungsſtoffe für die Thiere ſind. Daſſelbe gilt von den Blättern, die bei allen verhältnißmäßig breit und kurz ſind, alſo eine große Fläche darſtellen. Ihre Gefäßbündel verlaufen nicht gerade und neben einander, ſondern von einem mittleren Hauptgefäßbündel (der Mittelrippe des Blattes) verzweigen ſie ſich nach beiden Seiten mannichfach und verbinden ſich häufig mit einander, ſo daß ſie ein Netz mit feinen Maſchen darſtellen. Haare ſind häufig auf ihnen, aber weich und zart. Kieſelerde kommt wenig in ihnen vor, deſto mehr Kalk, wahrſcheinlich größtentheils als gallertſaurer Kalk in den Zellenwänden enthalten. Bei den mehrjährigen Stengeln wird die Holzbildung vorherrſchend, ſie hören daher auf, ein angenehmes und zweckmäßiges Nahrungsmittel für die Thiere zu ſein.

Digitized

b. Faſt alles hier Geſagte gilt auch von den Stengeln und Blättern der Kartoffeln, Erdäpfel, der Kohl- und Rübenarten. Bei Kartoffeln und Erdäpfeln wird aber die Holzbildung ſchon am Ende des Sommers ſo überwiegend, daß ſie nicht mehr mit Nutzen zur Nahrung für das Vieh verwendet werden können, was bei den Kartoffeln ohnehin wegen des Gehalts an giftigen Stoffen nicht möglich wäre. Die Kohl- und Rübenarten zeichnen ſich vor allen Pflanzen beſonders durch einen auffallend großen Gehalt an Proteïnverbindungen (Bd. II, §. 38.) in ihren Blättern aus, und gehören deshalb zu den nahrhafteſten Pflanzen, blähen aber leicht. Die Rüben aller Art ſind Wurzeln, die Kohlrabi Stengel, welche durch Cultur fleiſchig geworden ſind, d. h. in denen ſich das Parenchym des Markes und der Rinde auffallend vermehrt hat. Sie ſind meiſtens reich an Zucker und Gummi; die aus der Familie der Kohlpflanzen auch reich an Proteïnverbindungen.

c. Endlich Hanf und Lein zeigen eine ſtark hervortretende Baſtbildung. Das ſehr zurücktretende Parenchym enthält ſehr viele leicht in ſtinkende Fäulniß übergehende ſtickſtoffhaltige Subſtanzen, und es würde entſchieden von großer Wichtigkeit ſein, in Gegenden, wo viel Geſpinnſtpflanzen gebaut werden, das Waſſer, worin die Stengel zur Röſte gelegt werden, zum Düngen verwenden zu können.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Das Leben der ganzen Pflanze.

---

§. 27. Das Leben der Pflanze besteht aus zwei Gruppen von Erscheinungen, welche sich gegenseitig bedingen und modificiren. Die eine Gruppe bilden die physikalisch chemischen Processe, deren Gesammtresultat die Hervorbringung organischer Stoffe aus unorganischen Verbindungen ist. Die andere Gruppe umfaßt die Processe, deren wirkende Kräfte uns noch unbekannt sind, deren Resultat die Entstehung organischer Formen und zwar zunächst der Elementarorgane aus formlosen Stoffen ist. Sollten selbst noch Erscheinungen im Leben der Pflanze vorkommen, welche sich nicht in diese beiden Abtheilungen einordnen lassen, so sind sie uns doch noch völlig unbekannt, und für unsere praktisch zu verfolgenden Zwecke völlig unerheblich.

Alles in Gegenwärtigem zu Erörternde würde sich also in die Betrachtung des chemisch physikalischen Processes und die Betrachtung der Erscheinungen des Bildungstriebes zusammenfassen lassen. Eine solche Eintheilung des zu behandelnden Gegenstandes entbehrt aber der praktischen Brauchbarkeit, indem jene beiden Gruppen von Erscheinungen beständig in der Pflanze neben einander hergehen und in einander eingreifen, und man also für alle einzelnen Perioden des Pflanzenlebens, an welche sich doch die landwirthschaftliche Thätigkeit anknüpft, das ganze Pflanzenleben zum Nachtheil des Verständnisses zerreißen müßte.

Zweckmäßiger ordnet man daher die hierher gehörigen Kenntnisse nach den natürlichen Perioden des Pflanzenlebens zusammen. Diese natürlichen Perioden bestimmen sich uns am leichtesten nach dem Verhältniß der Ernährung der Pflanze und ihrer Theile.

In der ersten Periode entwickelt sich die Pflanze auf Kosten einiger ihrer Organe, die dabei völlig erschöpft werden und dann absterben. Dies ist die Zeit der Keimung. In der zweiten Periode lebt die ganze Pflanze auf Kosten der Außenwelt. Dies ist die Epoche des Wach-

Digitized by Google

sens der Pflanze. In der dritten und letzten Periode endlich leben einzelne Theile der Pflanze, nämlich die Fortpflanzungsorgane auf Kosten der ganzen Pflanze, welche dabei so erschöpft wird, daß sie ihrem Untergange entgegengeht. Es ist die Periode der Blüthen- und Fruchtbildung. In der ersten Periode verliert die Pflanze bei weitem mehr als sie aufnimmt, sie ist daher am Ende bei weitem leichter als im Anfang. In der zweiten Periode nimmt die Pflanze fortwährend bedeutend mehr auf, als sie abgiebt, sie gewinnt daher gleichzeitig in allen Theilen an Gewicht. In der letzten Periode endlich vermindert sich die Aufnahme allmälig bis zum gänzlichen Stillstande, aber gleichzeitig vertheilen sich die schon früher aufgenommenen Stoffe anders in der Pflanze, so daß einige Theile leichter, andere schwerer werden.

I. Periode des Keimens.

§. 28. Im engeren Wortverstande versteht man zwar unter »Keimung« nur die Entwicklung der im Samen enthaltenen Pflanzenanlage, des Keimes, zur jungen Pflanze, wir müssen hier den Begriff aber weiter fassen, und darunter jede beginnende Entwicklung der zur Vermehrung der Pflanze bestimmten Organe verstehen. Die Vermehrung oder Fortpflanzung geschieht nun zwar bei allen Pflanzen durch Samen, aber doch nicht ausschließlich durch denselben. Viele haben daneben noch eine Vermehrungsweise durch Knospen oder besondere Formen derselben, nämlich durch Knollen und Zwiebeln, und für praktische Zwecke ziehen wir häufig bei unseren Culturen die letztere Vermehrungsart vor.

Die Keimung der Pflanzen ist gleich von Vornherein ein so einflußreiches Moment für das ganze folgende Leben der Pflanze, daß eine möglichst genaue Kenntniß derselben unerläßlich ist. Die Betrachtung derselben zerfällt in drei Abschnitte, in die Untersuchung des reifen Samens, die Kenntniß der Bedingungen des Keimens und die Untersuchung der Erscheinungen desselben.

A. Der Bau der zur Vermehrung bestimmten Theile, des reifen Samens, der Knospen und Knollen.

§. 29. An allen, für die Vermehrung der Pflanzen von der Natur bestimmten Theilen unterscheiden wir zweierlei: die Hülfsorgane und die eigentliche Anlage zur neuen Pflanze oder den Keim. Der letztere

Digitized by Google

hat entweder noch gar keine Wurzel, oder seine Wurzel ist doch noch so unentwickelt, daß sie noch nicht geeignet ist, die Nahrungsaufnahme für die Pflanze zu übernehmen. Der Keim bedarf deshalb für seine erste Entwicklung insbesondere zur Ausbildung der Wurzeln bis zu dem Punkte, daß sie selbst im Stande sind, der Pflanze Nahrung zuzuführen, eine eigenthümliche Vorrichtung der Natur, welche eine bestimmte Menge von Nahrungsstoff in eigends dazu bestimmten Gebilden aufgespeichert hat, welche Nahrung dann der jungen Pflanze so lange zugeführt wird, bis sie im Stande ist, sich unabhängig von den Hülfsorganen selbstständig zu erhalten. Die letzteren sterben dann als fernerhin überflüssig ab, und damit ist eben die Periode des Keimens beendigt Die genauere Betrachtung der Vermehrungsorgane der Culturpflanzen wird uns überall diese Einrichtung erkennen lassen.

1. Samen.

§. 30. Am reifen Samen unterscheiden wir die Schale und den Kern. Zu der Samenschale kommt oft noch, z. B. bei den Gräsern, die sehr dünne, eng mit derselben vereinigte Fruchtschale hinzu. Ein Weizenkorn wird deshalb nur uneigentlich ein Same genannt, eigentlich ist es im botanischen Sinne eine Frucht. Ja bei einigen ist selbst die Frucht noch wieder eng von Theilen umschlossen, die ihr eigentlich fremd sind, etwa von Kelchblättern und anderen Blüthentheilen, wie z. B. der Hafer und die Gerste von den Spelzen. Für den gegenwärtigen Zweck ist es aber unnöthig, diese Theile besonders zu unterscheiden, da sie physiologisch alle zusammen einen gemeinschaftlichen Zweck haben, nämlich den, die eigentlich wesentlichen Theile des Samens, den Kern, bis zur Keimung gegen äußere Schädlichkeiten zu schützen. Der Kern besteht nun theils aus dem Keim im engeren Sinne des Wortes, theils aus den Hülfsorganen. Der Keim hat ein Würzelchen und ein Knöspchen. Letzteres ist die Anlage zu Stengel und Blättern. An der Grenze zwischen Würzelchen und Knöspchen finden sich aber noch unverhältnißmäßig groß entwickelte Blätter, die man Samenlappen oder Cotyledonen, auch wohl wegen ihres späteren Aussehens Keimblätter nennt. Entweder befindet sich an dieser Stelle nur ein einziges Blatt, welches das ganze Knöspchen scheidenförmig umschließt und bis auf eine kleine Spalte für den zukünftigen Austritt einschließt, oder es sind zwei solcher Blätter vorhanden, welche flach auf einander gelegt sind, und das Knöspchen zwischen sich nehmen. Nach diesem Verhältniß bestimmt man die beiden großen Abtheilungen der offenbar blühenden Pflanzen, die Einsamenlappigen oder Monocotyledonen, und die Zweisamen-

Digitized by Google

lappigen oder Dicotyledonen. Zu den ersten gehören unter den Culturpflanzen nur die Gräser (Cerealien) und die Lauch- und Zwiebelarten, zu den letzteren alle übrigen.

In einigen Fällen wird der ganze Kern des Samens nur von dem Keim und den Samenlappen gebildet, welche letztere in diesem Falle sehr groß und fleischig zu sein pflegen, in anderen Fällen kommt noch ein dritter Theil hinzu. Dies ist nämlich eine einfache Zellgewebsmasse, welche die Samenlappen nebst dem Keim umgiebt oder an einer Seite dieser Theile liegt. Man nennt dieses Zellgewebe mit einem alten, leider sehr unpassenden Namen den Eiweißkörper des Samens, wobei man aber in keiner Weise an die gewöhnliche chemische Bedeutung des Wortes Eiweiß denken darf*).

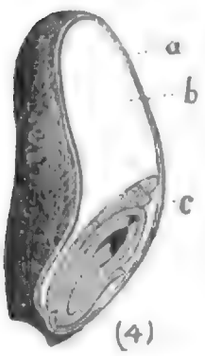
Im Folgenden mag nun eine genauere Beschreibung des Samens der Culturpflanzen nach den Familien, welchen sie angehören, folgen.

a. Samen der Gräser und Getreidearten.

§. 31. Bei allen grasartigen Gewächsen ist der eigentliche Same noch von der dünnen Fruchtschale umschlossen, bei vielen außerdem noch durch die Spelzen eingehüllt. Uebrigens bestehen die Verschiedenheiten, einige kleine unwesentliche Modificationen abgerechnet, nur in der Größe und der Bau ist sehr einförmig, obwohl an sich etwas verwickelt und vom Gewöhnlichen abweichend. Als Beispiel für eine genauere Analyse wähle ich hier das Weizenkorn; was von diesem gesagt wird, gilt dann in der Hauptsache auch von allen übrigen.

Wenn man ein Weizenkorn der Länge nach, der Furche auf dem Rücken folgend, genau halbirt und die Schnittfläche (Fig. 57.), oder noch besser eine von der Schnittfläche abgetrennte dünne Scheibe mit mäßiger Vergrößerung betrachtet, so erkennt man Folgendes: Die Schnittfläche zeigt unter der dünnen trocknen Frucht- und Samenschale (*a*) eine weiße mehlige Substanz (*b*). Diese stellt den bei allen Gräsern sehr stark entwickelten Eiweißkörper dar. Im unteren Drittheile des Samens liegt sogleich durch seine gelbliche Farbe vom Eiweißkörper zu unterscheiden der Keim, vorne hart an die Samenschale angedrückt, hinten vom Eiweißkörper bedeckt. Weicht man das Weizenkorn 12 bis 24 Stunden in Wasser ein, so läßt sich die Schale abziehen und mit einiger Vorsicht der ganze Keim frei herauslösen. Bei

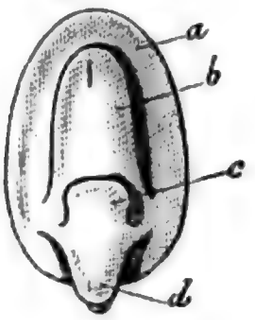
Fig. 57.



*) Der Name entstand daher, daß man durchaus in den Theilen des Pflanzensamens Aehnlichkeiten mit den Theilen des Vogeleies finden wollte.

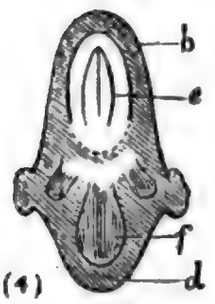
mäßiger Vergrößerung kann man sich dann über seine Bildung vollständig orientiren, zumal wenn man den früher gewonnenen Längsschnitt damit vergleicht. Man erkennt an dem Keime (Fig. 58.) dann 1) das Würzelchen (*d*), 2) das Knöspchen (*b*), welches aber von Samenlappen bis auf eine kleine schwer zu erkennende Spalte mit einer kegelförmigen Scheide überzogen ist. Zwischen Knöspchen und Würzelchen findet sich noch ein kleines Schüppchen (*c*), das weiter keine Bedeutung zu haben scheint, und bei vielen Gräsern fehlt. Der Samenlappen bildet aber nicht allein jenen kegelförmigen Ueberzug, sondern breitet sich noch auf dem Rücken des Keimes nach oben, unten und zu beiden Seiten zu einer kleinen eirunden schildförmigen Platte (*a*) aus. Einige Verhältnisse erkennt man erst dann, oder doch mit größerer Klarheit, wenn man einen Längsschnitt durch Knospe und Würzelchen und zwar parallel der Fläche des schildförmigen Samenlappens macht (Fig. 59.). Hier unterscheidet man deutlich das hellere zartere Knöspchen (*e*) von dem dunkleren derberen Ueberzug des Samenlappens (*b*). Zugleich entdeckt man aber, daß im Inneren des Würzelchens (*d*) schon hier am Keime die Anlage zu einer großen Nebenwurzel (*f*) und zu zwei anderen seitlichen, etwas kleineren Nebenwurzeln vorhanden ist. Die Gräser haben nämlich das Eigene, was nur einige wenige andere Pflanzen theilen, daß das Würzelchen sich beim Keimen gar nicht oder nur wenig entwickelt, und dann sogleich wieder abstirbt, daß dagegen sogleich aus dem ersten Knoten, d. h. aus der Vereinigungsstelle des ersten Blattes (oder der Samenlappen) mit dem Pflänzchen, Nebenwurzeln hervortreten, welche das Geschäft der Wurzel übernehmen. Von dem hier beschriebenen Bau weichen die übrigen Gräser nur in unwesentlichen Punkten ab, wie das z. B. eine Vergleichung des Längsschnittes des Weizens (Fig. 57.) mit dem Längsschnitt durch das von seinen Spelzen befreite Haferkorn (Fig. 60.) er-

Fig. 58.



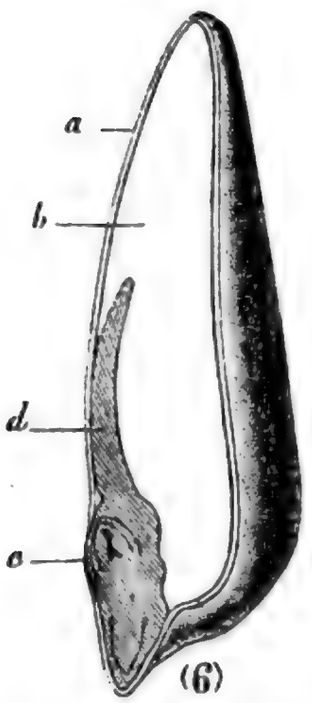
(4)

Fig. 59.



(4)

Fig. 60.



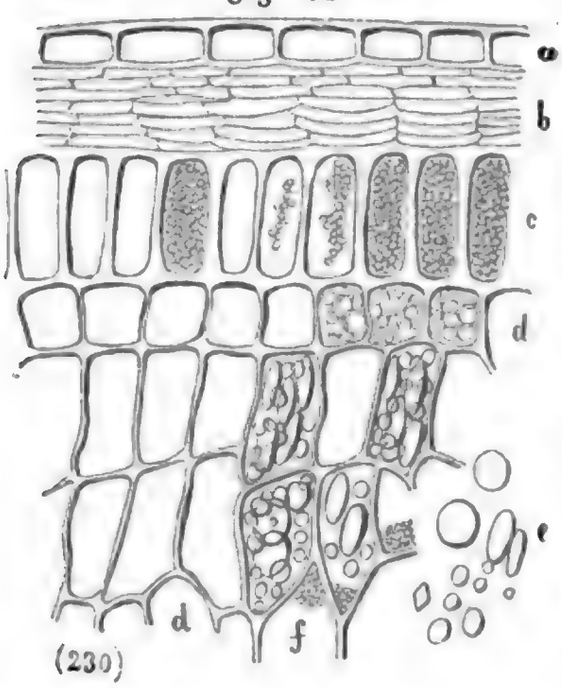
(6)

Digitized by Google

giebt. Bei dem letzteren ist nur das obere Ende des Samenlappens (*d*) verhältnißmäßig stärker entwickelt, als beim Weizen, und das Knöspchen (*c*) mit seiner Scheide stumpfer und weniger hervortretend. —

Der Eiweißkörper ist bei allen Gräsern so gebaut, daß unmittelbar unter der Samenschale 1 — 3 Zellenreihen liegen, welche ausschließlich mit Proteïnverbindungen erfüllt sind, während die übrigen Zellen sehr viel Stärkemehl und nur wenige Proteïnverbindungen enthalten. Ein feiner Querschnitt durch das Roggenkorn z. B. zeigt von Außen nach Innen folgende Schichten (Fig. 61.). 1. Die Oberhaut der Fruchtschale (*a*). 2. Das trockne zusammengedrückte Zellgewebe der Frucht und Samenschale (*b*). 3. Die äußerste Zellenlage des Eiweißkörpers, etwas gestreckte Zellen, die ganz mit Proteïnverbindungen erfüllt sind (*c*). 4. Das übrige Zellgewebe des Eiweißkörpers (*d*) mit vieler Stärke (*e*) und wenig Proteïnverbindungen (*f*) erfüllt. Aus dieser Anordnung erklärt sich, weshalb das Brot aus kleienfreiem Mehl bei weitem weniger nahrhaft ist, als Kleienbrot, weil durch das Schroten des Getreides nicht nur die Frucht- und Samenschale, sondern auch mit der äußeren Schicht des Eiweißkörpers der größte Theil der Proteïnverbindungen fortgenommen wird. Uebrigens sind die Zellenwände des Eiweißkörpers nicht aus vollkommenem Zellstoff, sondern aus einer gallertähnlichen Substanz gebildet, werden daher leicht zerstört und lösen sich beim Keimen, wie beim Gährungsprocesse völlig auf.

Fig. 61.



(230)

b. Die Samen der Lauch- und Zwiebelarten.

§. 32. Die verschiedenen Arten des Lauchs und der Zwiebeln bilden mit dem Spargel, den Lilien und ähnlichen Pflanzen eine große Pflanzenclasse, die Liliaceen, welche schwer in Unterabtheilungen zu zertheilen ist. Alle haben Samen, die unter einer dicken oder dünnen, oft harten und glänzenden Samenschale einen großen theils öl-, theils stärkehaltigen Eiweißkörper und einen sehr einfachen, gewöhnlich cylindrischen oder kegelförmigen einsamenlappigen Keim enthalten. Dieser ist bei einigen, wie z. B. bei den Lauch- und Zwiebelarten, gekrümmt, hat ein stumpfes Würzelchen, ein kleines Knöspchen, welches von dem langen Sa-

Digitized by Google

menlappen scheidenförmig umschlossen wird. Der letztere tritt bei vielen, z. B. gerade bei den erwähnten, während der Keimung fast vollständig aus dem Samen hervor, wird blattartig grün, und wird dann von den Gärtnern die Peitsche genannt.

c. Samen der Hülsengewächse und Kohlpflanzen.

Nächst den Gräsern nehmen ohne Zweifel die Hülsengewächse (einschließlich der dazu gehörigen Kleepflanzen), sowie die Kohlpflanzen oder Kreuzblüthigen die wichtigste Stelle unter den landwirthschaftlichen Culturpflanzen ein. Der Bau der Samen hat bei beiden viel Uebereinstimmendes. — Die Samen sind gewöhnlich kugelig oder länglich rund, haben eine derbe lederartige Samenschale. Der Kern besteht bei beiden Pflanzengruppen nur aus dem Keim mit zwei stark entwickelten Samenlappen, aber ohne Eiweißkörper. Bei beiden endlich ist der Keim nicht gerade, sondern mehr oder weniger im Samen zusammengekrümmt, und streckt sich erst während der Keimungsperiode gerade. Der Unterschied zwischen beiden liegt theils in der Größe, indem die Samen der Hülsengewächse meistens groß, die der Kreuzblüthigen meistens klein sind. Bei den kleinen Kleesamen fällt dieser Unterschied indeß weg. Anderentheils findet sich aber ein bei weitem wesentlicherer Unterschied in dem Bau der Samenlappen. Diese sind bei den Hülsengewächsen fast immer sehr dick und fleischig, gelblich aussehend, kaum Blättern ähnlich, auch bleiben sie gar häufig beim Keimen in der Erde, z. B. bei Erbsen. Ihre Zellen enthalten neben Legumin (Bd. II, §. 41. und 89.) eine große Menge Stärkemehl. Die Samenlappen der Kreuzblüthigen dagegen sind zwar verhältnißmäßig groß aber flach, grün und blattartig, beim Keimen erheben sie sich stets über der Erde in Form herzförmiger Blätter. Ihre Zellen enthalten ebenfalls Legumin neben vielem fetten Oel und gar kein Stärkemehl. §. 33.

Als Beispiele zur Erläuterung des Gesagten will ich hier die genauere Analyse der kleinen Feldbohne (Pferdebohne) und des Rapssamens mittheilen.

Fig. 62.

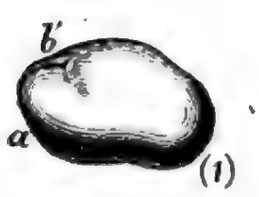
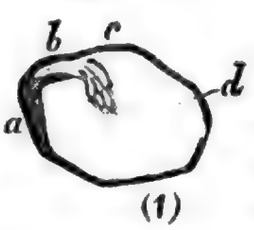


Fig. 63.

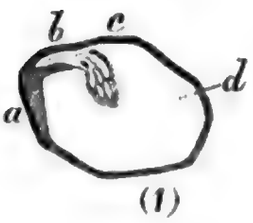


Die Feldbohne (Fig. 62.) zeigt außer dem schwarzen Anheftungspunkt des Samens (der sog. Nath *a*) noch einige Unebenheiten der Oberfläche, von denen eine, welche wie eine keilförmige Wulst auf den Anheftungspunkt zuläuft, *b'*, das darunter liegende Würzelchen verräth. Schneidet man die Bohne der Länge nach durch (Fig. 63.), so erkennt man

Digitized by Google

unter der dicken Samenschale *c* den Keim mit seinen Würzelchen (in der Gegend von *b*), dem gekrümmten Knöspchen und einen großen Samenlappen *d*. Bei schwacher Vergrößerung (Fig. 64.) erkennt man das Knöspchen und seine Zusammensetzung aus Blättern (z. B. *c*. das erste Blatt nach den Samenlappen) deutlicher (*b* bezeichnet in dieser Figur das abgeschnittene Würzelchen). Manche Verhältnisse werden noch deutlicher, wenn man den Samen 24 Stunden in Wasser einquellt und dann die Samenschale abzieht. Vom Rücken gesehen (Fig. 65.), zeigt sich dann das Würzelchen *b*, und die beiden großen unförmlich fleischigen

Fig. 63.



(1)

Fig. 64.

(2)

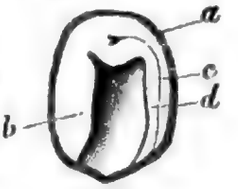
Fig. 65.

(1½)

Fig. 66.

(8)

Fig. 67.

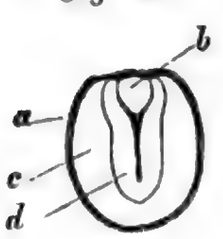


(8)

Samenlappen (*d*, *d*,), die nur durch ein kurzes dünnes Stielchen mit dem Keime zusammenhängen, und das Knöspchen zwischen sich verbergen.

Der Rapssame (Fig. 66.), etwas länglich kugelig, zeigt ebenfalls an der einen Seite eine herablaufende Erhabenheit, welche das Würzelchen bedeckt, dessen Spitze (*b*) nahe bei dem Anheftungspunkt des Samens (*a*) sich befindet. Macht man einen Längsschnitt durch den Samen (Fig. 67.), so erkennt man unter der verhältnißmäßig derben Samenschale (*a*) die ganze gekrümmte Keimpflanze, bestehend aus einem sehr großen Würzelchen (*b*) und den zwei Samenlappen (*c* und *d*), welche an ihrem Grunde das kleine Knöspchen zwischen sich nehmen. Die Samenlappen sind aber nicht nur im Verhältniß zur Richtung des Würzelchens gebogen, sondern auch noch für sich der Länge nach zusammengefaltet, was man besser auf einem Querschnitt wahrnimmt, in Fig. 68., wo dieselben Buchstaben dieselbe Bedeutung haben wie in Fig. 67. Weicht man den Samen etwas ein, so kann man die Samenschale öffnen und vom unverletzten Keimpflänzchen abziehen (Fig. 69.), und man erkennt dann leicht das Würzelchen (*a*) und die beiden Samenlappen (*b* und *c*).

Fig. 68.



(8)

Fig. 69.

(8)

Digitized by Google

d. Samen des Leins, Hanfs und der korbblüthigen Pflanzen.

Diese Samen gehören drei verschiedenen Pflanzenfamilien an, und sind unter einander sehr verschieden. §. 34.

Der Leinsame (einer kleinen Pflanzengruppe der Lineen oder Leinpflanzen angehörig) ist länglich und flach gedrückt (Fig. 70.), an einem Ende am Rande etwas ausgeschnitten, nämlich da, wo der Anheftungspunkt des Samens (*a*) liegt. Schneidet man ihn der Länge nach senkrecht auf seine Fläche durch, so zeigt die Schnittfläche (Fig. 71.) mäßig vergrößert eine ziemlich dicke Samenschale (*a*), darunter einen nicht sehr bedeutenden Eiweißkörper (*b*), welcher das Keimpflänzchen von allen Seiten einschließt. Dieses ist gerade, hat ein Würzelchen (*f*), zwei verhältnißmäßig große Samenlappen (*c* und *d*), welche das Knöspchen (*e*) einschließen. Aus dem eingeweichten Samen ist leicht die Keimpflanze (Fig. 72.) herauszulösen, die dann deutlicher das Würzelchen (*b*) und die Samenlappen (*a*) zeigt. Betrachtet man ein feines Schnittchen durch Samenschale und Eiweißkörper bei stärkerer Vergrößerung (Fig. 73.), so erkennt man folgende Schichten. Zu äußerst liegt die Samenschale, welche aus 3 Zellenreihen (*a, b, c*) besteht, deren äußerste die mit vieler Gallerte erfüllten Oberhautzellen bilden. Dann folgt der Eiweißkörper (*d, e*), dessen äußere Zellenlage (*d*) etwas flachgedrückt und inhaltsleer, dessen übrige Zellen (*e*) mit schleimigkörniger stickstoffhaltiger Substanz und mit zahlreichen Oeltröpfchen (*f*) erfüllt sind.

Fig. 70.

Fig. 71.

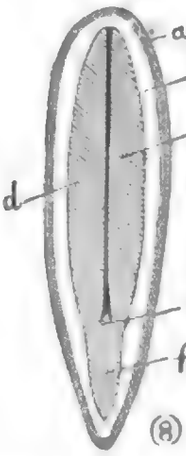
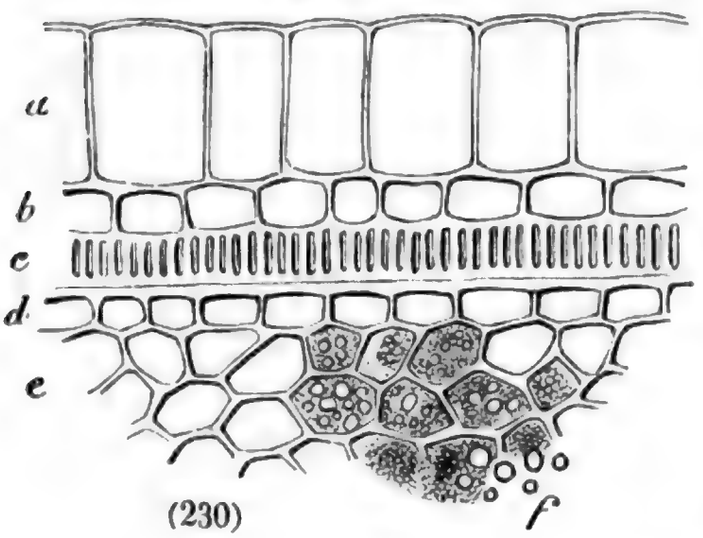


Fig. 72.

Fig. 73.



(230)

Der Hanf gehört einer kleinen, den Nesselpflanzen oder Urticeen verwandten Gruppe (den Cannabineen) an. Der Ausdruck »Same«

Digitized by Google

ist nur uneigentlich auf ihn anzuwenden, denn das gewöhnlich so bezeichnete Gebilde ist vielmehr (ähnlich wie bei den Gräsern) die ganze kleine trockene Frucht. Unter der sehr derben Frucht- und Samenschale liegt hier ohne Eiweißkörper ähnlich wie bei den Kohlpflanzen ein gekrümmter Keim mit verhältnißmäßig großen ölhaltigen Samenlappen.

Die Korbblüthigen (so genannt, weil viele kleine Blüthen von Deckblättern umgeben, gleichsam in einem Körbchen vereinigt sind, wie z. B die Sonnenblume, die Astern u. s. w. zeigen) bilden eine der größten Pflanzenfamilien. Oekonomische Wichtigkeit haben eigentlich nur die Erdäpfel oder Topinambours und in noch geringerem Maße die neue Oelpflanze oder Madia. Auch hier ist das, was man als Samen zu bezeichnen pflegt, eigentlich die ganze Frucht. Die dicke Frucht- und Samenschale umschließt hier ebenfalls ohne Eiweißkörper das Keimpflänzchen, welches aber gerade (wie beim Lein) und in seinen Samenlappen ölhaltig ist.

e. Samen der Doldengewächse.

§. 35. Die Doldenpflanzen, zu denen die Mohrrübe, Petersilie, Kerbel und so weiter gehören, bilden eine große Familie, die nach der dolden- oder schirmförmigen Stellung der Blüthen benannt ist. Sie liefern eine große Reihe von Küchengewürzen, und die Mohrrübe hat auch für die Oekonomie im Großen wesentliche Bedeutung. Die Frucht dieser Pflanzen ist trocken, zweifächerig und enthält in jedem Fache einen Samen. Bei der Reife zerfällt sie in zwei einsamige geschlossen bleibende Theilfrüchte, die man ebenfalls mit Unrecht Samen nennt, da es vollkommen halbe Früchte sind. Die Fruchtschale ist bei vielen, z. B. bei der Möhre, mit hakenförmig gebogenen Stacheln besetzt, bei anderen, z. B. beim Kümmel, glatt; bei allen enthält sie in besonderen langen Gängen bald mehr, bald weniger starkriechendes Oel. Der von ihr umschlossene dünnschalige Samen enthält einen ziemlich beträchtlichen Eiweißkörper und darin den großen geraden Keim mit flachen, nicht sehr großen Samenlappen.

f. Bau der Knollen.

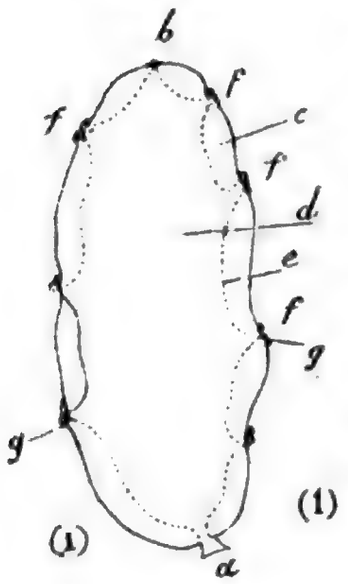
§. 36. Ich werde in einem späteren Abschnitt (III. Periode der Fortpflanzung.) ausführlicher über die Fortpflanzung der Gewächse durch Knospenbildungen sprechen müssen, hier will ich vorläufig nur so viel erwähnen, daß die Knollen der Kartoffeln und Erdäpfel solche Fortpflanzungsknospen sind. Man muß an ihnen also auch alle Theile unterschei-

Digitized by Google

den können, welche eine Knospe charakterisiren, und dadurch unterscheiden sie sich wesentlich von allen Samen und Keimpflanzen.

Die Kartoffel ist besonders in einigen Sorten eine nur wenig veränderte Knospe. Schneidet man eine kleine Mandelkartoffel der Länge nach durch, und vergleicht den Durchschnitt (Fig. 74.) im Gedanken mit dem Durchschnitt einer Knospe, z. B. von der Syringa oder dem spanischen Flieder, so sind die entsprechenden Punkte folgende: *a* ist der Anheftungspunkt (der Grund) der Knospe; *b* die Spitze oder der äußerste Trieb; *c* die Rinde; *d* das Mark; *e* die Gefäßbündel der Stengelanlage in der Knospe. Hier zeigt die Knolle die erste Verschiedenheit, indem bei der Knospe die Stengelanlage ganz zart und dünn ist, bei der Knolle dagegen wegen übermäßiger Entwickelung von Mark und Rindenzellgewebe dick und fleischig erscheint. Außer der Stengelanlage besitzt die Knospe noch junge Blätter. Diese Blätter sind aber bei der Knolle ganz verkümmert, so daß man nur noch eine Andeutung von ihnen findet. Unter jedem sogenannten Auge der Kartoffel (*f*) erkennt man nämlich eine kleine Erhabenheit (*g*), welche wie eine in die Quere gezogene Falte oder Wulst sich ausnimmt. Dies ist der ganze Rest des nicht zur Entwickelung gekommenen Blattes.

Fig. 74.



An der Knospe findet sich endlich in dem Winkel über jedem Blatte abermals die Anlage zu einer neuen Knospe und diese Knospenanlagen sind wiederum bei der Knolle auffallend stark entwickelt, und stellen die sogenannten Augen der Kartoffel dar (*f, f*). Die anatomischen Verhältnisse der Kartoffel und des darin abgelagerten Stärkemehls sind schon oben (§. 8.) abgehandelt worden.

In Bezug auf die Bedeutung der Knolle als unterirdische Knospe gilt Alles, was hier von der Kartoffel gesagt worden, in allen Einzelheiten auch von den Erdäpfeln (Topinambours). Sie unterscheiden sich aber wesentlich dadurch von den Kartoffeln, daß sie statt des Stärkemehls Zucker und Inulin enthalten. Auch finden sich in diesen Knollen einzelne erweiterte Zwischenzellengänge, welche ein hellgelbes fettes Oel führen.

Digitized by Google

B. Bedingungen des Keimens.

§. 37. Die Keimung wie jede Erscheinung im Leben der ganzen Pflanze zerfällt eigentlich in zwei wesentlich verschiedene Theile, einestheils sind es chemisch-physikalische Processe, durch welche neuer Stoff gebildet wird, und anderentheils sind es Kräfte, die uns völlig unbekannt, Vorgänge, von welchen wir nur sehr theilweise Kenntniß haben, deren Wirkung und Resultat die Verwendung jenes Stoffes zur Bildung der Zellen, und die Anordnung derselben ist. Die uns unbekannten Ursachen dieser letzteren Erscheinungen nennen wir mit einem Wort den Bildungstrieb der Pflanzen. Von ihm als von einem seiner Wirkungsweise nach völlig Unbekannten müssen wir zur Zeit noch bei unseren wissenschaftlichen Untersuchungen gänzlich absehen. Uns bleibt daher als eine lösbare Aufgabe nur die Erforschung der chemisch-physikalischen Processe übrig, welche den Stoff für die neuen Bildungen liefern. — In dem gegenwärtigen Falle, bei der Keimung nämlich, scheint nun auch die Erfahrung dafür zu sprechen, daß wir bei unserer Beschränkung auf die eine Hälfte der Sache wenigstens in praktischer Hinsicht nicht gar zu viel verlieren, denn wenn wir der Erfahrung die Bedingungen des Keimungsprocesses abfragen, so erhalten wir als Antwort »Sauerstoff, Feuchtigkeit und Wärme«, also die allgemeinen Bedingungen der meisten chemischen Processe überhaupt. Aber viel weiter reichen unsere Kenntnisse auch nicht. Wenn auch die Pflanzenphysiologen das Ihrige gethan und allgemein die Keimungsbedingungen erforscht haben, so ist doch von Seiten Derer, welche angeblich die wissenschaftliche Landwirthschaft repräsentiren, nicht das Geringste geschehen, um die besonderen Verhältnisse der landwirthschaftlichen Culturpflanzen zu erforschen. Hier, wie fast überall, muß ich mich also auf die Entwickelung der allgemeinen Gesetze beschränken, den Mangel specieller Ausführungen aber der gänzlichen Unfruchtbarkeit der landwirthschaftlichen Institute zur Last legen.

Außer Wärme, Feuchtigkeit und Sauerstoff kommen hier noch der normale Zustand des Samens, richtige Saatzeit, richtige Lage im Boden und das Verhältniß zum Licht in Betracht. Diese Verhältnisse sollen im Folgenden näher betrachtet werden.

§. 38. Die erste Grundbedingung des Keimens ist zunächst völlige Reife und normaler Zustand des Samens. In Bezug auf den ersten Punkt findet sich allerdings ein gewisser Spielraum, insofern auch Samen, die vor der völligen Reife, d. h. vor der Zeit, in welcher sie sich in Folge der inneren Veränderungen in der Mutterpflanze von dieser trennen, abge-

Digitized by Google

nommen sind, zuweilen keimungsfähig sind, wenn man sie sogleich in günstige Verhältnisse bringt. Wie weit man aber hierin zurückgehen könne, ist nicht durch Versuche ermittelt. Je früher aber Samen abgenommen sind, desto leichter verlieren sie ihre Keimkraft, wenn sie längere Zeit aufbewahrt werden. Der Zustand, welcher der völligen Reife vorhergeht, erklärt diese Erscheinungen vollkommen, da der größere Wasserreichthum nothwendig zu übermäßiger Austrocknung und in Folge dessen zu inneren Zerreißungen Veranlassung geben muß, weshalb auch unreife Samen auf dem Wasser schwimmen, während reife untersinken. Es ist aus Versuchen bekannt, daß solche zu früh abgenommene Samen schneller keimen, als solche, die vollständig gereift sind. Dies würde bei Culturen im Großen meistentheils zur Folge haben, daß sie zu einer noch ungünstigen Zeit schon aus der Erde hervortreten und entweder zu Grunde gehen oder doch kümmerliche Pflanzen geben. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß eine Pflanze, die sich aus solchem nothreifen Samen entwickelt, auch noch in manchen anderen Verhältnissen von der normalen Pflanze abweichen wird. Leider fehlt es aber auch hier durchaus an Versuchen.

Es ist keineswegs gleichgültig, zu welcher Zeit der Samen der Erde §. 39.
anvertraut wird, und zwar ist hier einmal die Zeit, welche seit der Reife verstrichen ist, und zweitens die Jahreszeit in Betracht zu ziehen. Die Fähigkeit des Samens, sich unter günstigen, äußeren Verhältnissen zur Pflanze zu entwickeln, d. h. seine Keimkraft, hat sehr verschiedene Dauer bei verschiedenen Pflanzen und bei derselben Pflanze unter verschiedenen Umständen.

Kaffeebohnen verlieren ihre Keimkraft schon nach 6 Wochen, einige andere Samen, wie der Wachtelweizen, die Klapper u. s. w., noch schneller. Dagegen haben wir Beispiele, daß Erdbeeren noch nach 1500 Jahren gekeimt sind, und man hat Weizen aus den ägyptischen Mumiengräbern zur Entwickelung gebracht, der also mindestens wohl 3000 Jahre geruht hatte. Genauere Beobachtungen über die Culturpflanzen besitzen wir auch hier nicht. Versuche, welche De Candolle im Garten zu Genf anstellte, scheinen zu beweisen, daß im Ganzen stärkemehlhaltige Samen ihre Keimkraft unter übrigens gleichen Umständen am längsten bewahren, demnächst ölhaltige, und daß gerbstoffreiche Samen am schnellsten zur Entwickelung unfähig werden.

Das Verhältniß, unter welchem sich die Keimkraft am längsten erhält, ist, wie sich schon von selbstversteht, ein solches, bei welchem alle Einflüsse, die einen Anfang des Keimens hervorrufen könnten, möglichst ausgeschlossen sind, also eine möglichst gleichförmige, niedrige Temperatur, völlige Trockenheit und eine eingeschlossene (nicht wechselnde) Atmosphäre. Hierauf beruht auch die Einrichtung der sogenannten germoirs der Franzosen und der Matamoren der Maroccaner zum Aufbewahren des Saat-

Digitized by Google

getreides. Es ſind 6—8 Fuß tiefe Gruben mit trockenem Sand ausgelegt. Auf dieſen wird das Getreide geſchüttet, mit trockenem Sande bedeckt und dann die Grube wieder zugeworfen.

Einige Samen verlieren dagegen durch das Austrocknen ihre Keimkraft, nämlich die Waſſerpflanzen. — Kälte, ſelbſt bis zu —40° R., vernichtet die Keimkraft nicht. — Wärme in hohen Graden wirkt verſchieden nach den Nebenumſtänden. Nach Edward's und Collin's Verſuchen verliert Getreide ſeine Keimkraft, wenn es ¼ Stunde in Waſſer von 40° R. verweilt*), in einer feuchten Atmoſphäre von 49° R. blieb es zum Theil keimfähig, und trockene Luft von 60° R. ſchadete der Keimkraft bei viertelſtündiger Einwirkung gar nicht.

Ganz werden durch jene eben erwähnten Vorrichtungen keineswegs die im Samen vorgehenden unmerklichen Veränderungen aufgehalten, und je älter der Same wird, deſto weniger Körner gehen auf. Auch zeigen die aufgehenden mancherlei Verſchiedenheiten in der Entwickelung der Pflanzen von den friſcher geſäeten. So z. B. wählen die Gärtner vorzugsweiſe ältere Samen zur Melonenzucht, weil friſche Samen zwar eine bei weitem üppigere Stengel- und Blattbildung zeigen, aber weniger zum Blühen und Fruchttragen geneigt ſind. Auch hier ſind noch für die Culturpflanzen die genaueren Verſuche erſt zu machen.

Aber auch die Jahreszeit iſt nicht gleichgültig, in welcher die Samen geſäet werden, wenn auch ſcheinbar alle übrigen Verhältniſſe günſtig ſind. Ich ſage ſcheinbar, denn bei dem verwickelten Lebensproceß der Pflanzen bleiben uns immer noch manche Verhältniſſe und Einflüſſe unbekannt, die gleichwohl von großer Bedeutung ſein mögen. Ich erwähne hier nicht, daß im Allgemeinen die Saatzeit ſo gewählt ſein muß, daß die darauf folgende Jahresperiode auch die fernere Entwickelung und die Vollendung des Wachsthums der Pflanze möglich macht, dies verſteht ſich zu ſehr von ſelbſt. Es giebt aber unzweifelhaft gewiſſe Pflanzen, welche überhaupt nur zu einer beſtimmten Jahreszeit keimen. So entwickeln ſich die Samen der meiſten Bäume unſeres Klima's, ſo Zwiebel- und Doldengewächſe nur im Frühjahre, und zu keiner anderen Zeit bringt ſie die Kunſt zur Keimung, ſondern eher zum Faulen. Die meiſten Culturpflanzen haben allerdings in dieſer Beziehung einen weiten Spielraum und man kann die Samen der Getreidearten, Hülſenfrüchte und Oelpflanzen zu jeder Jahreszeit zum Keimen bringen. Gleichwohl iſt es höchſt wahrſcheinlich, daß auch hier die Jahreszeit nicht ohne einen

*) Dies ſcheint ein Hauptgrund zu ſein, weshalb unter den Tropen, wo der feuchte Boden oft noch bei weitem höhere Temperaturen annimmt, unſere Getreidearten nicht cultivirt werden können.

Digitized by Google

bestimmten Einfluß ist, der für die folgende Entwickelung der Pflanze von günstiger oder nachtheiliger Wirkung sein kann.

§. 40. Zu den äußeren Umständen, von denen das Gelingen oder doch die Gesundheit der Keimung abhängt, gehört auch das richtige Verhältniß zu Luft und Licht, zum Boden und der Feuchtigkeit desselben. In dieser Beziehung findet man gar manche Vorurtheile, die ebenfalls aus Mangel an Untersuchungen hervorgegangen sind. Das natürliche Verhältniß ist, daß der von der Pflanze ausgestreute Samen auf die Oberfläche des Bodens fällt, nicht aber mit Erde bedeckt wird. Aber bei natürlicher Aussaat liegt er hier auch nicht auf dem nackten Boden, sondern im Schutz abgefallener Blätter, dünner Stengel, anderer Kräuter und so weiter, kurz gegen directe Einwirkung des Sonnenlichtes und gegen Austrocknung geschützt. Das directe Sonnenlicht scheint allerdings nach einigen Versuchen einen störenden Einfluß auf die Keimung auszuüben und zwar wahrscheinlich dadurch, daß seine Strahlen wesentlich den chemischen Proceß zu verändern im Stande sind. Dagegen ist das gewöhnliche Tageslicht weit entfernt, dem Entwickelungsprocesse schädlich zu sein, vielmehr eine so nothwendige Bedingung für ein gesundes Wachsthum auch in der frühesten Zeit der Vegetation, daß nur der erste Anfang des Keimungsprocesses ohne Licht vor sich gehen kann und vielleicht rascher vor sich geht. Folgender Versuch mag das Gesagte erläutern.

Am 22. August säete ich in zwei ganz gleiche Zinkkästen mit feuchtem Sande gefüllt, je 36 möglichst gleich ausgesuchte gesunde Gerstenkörner, bedeckte den einen (Nr. 1) mit einem Glaskasten, den anderen (Nr. 2) mit einem Zinkkasten von gleicher Größe.

Am 24. Aug. hatten in Nr. 1 nur 12 Pflanzen ein $^1/_4$ Zoll langes Würzelchen, in Nr. 2 waren bereits fast alle so weit und zwei hatten schon zwei Nebenwürzelchen getrieben.

Am 26. Aug. war in Nr. 1 noch kein Blattkeim hervorgetreten, in Nr. 2 schon bei allen.

Am 29. August in Nr. 1 hatten 7 Stück noch keinen Blattkeim getrieben, bei 7 war der Blattkeim 1‴ bis 1″ lang, meist unter 6‴, bei den übrigen 22 war der Blattkeim von 1″,5 bis 3″,5 lang. Bei allen war derselbe frisch grün. Sämmtliche 36 Pflänzchen wogen bei 88° R. getrocknet 1,589 Gramme. In Nr. 2 hatten 25 Stück über 3″ lange, 8 6‴ bis 1″ lange Blattkeime, 3 hatten weder Wurzel, noch Blattkeim. Alle waren bleich oder gelb. Sämmtliche Pflanzen wogen bei 88° R. getrocknet nur 0,564 Gramme, also kaum den dritten Theil der am Licht entwickelten Pflanzen.

Auch hier wären zahlreiche, mannichfach abgeänderte Versuche sehr wünschenswerth.

Digitized by Google

Nicht zu übersehen ist hier aber auch die Beziehung zur Feuchtigkeit des Bodens. Ohne Schutz dem directen Sonnenlicht ausgesetzt trocknet der Same vollkommen aus oder wird verhindert, die zum Keimen nöthige Feuchtigkeit aufzunehmen. Eine gewisse Menge von Feuchtigkeit gehört aber gerade zu den allerersten Bedingungen des Keimens, welches ohne dieselbe bei noch so günstigen übrigen Umständen nicht beginnen kann. Daher ist bei der Wahl der Saatzeit stets auch der Feuchtigkeitszustand des Bodens zu berücksichtigen; daher ist unter Umständen das Einquellen der Samen vor dem Aussäen so äußerst vortheilhaft für die Beschleunigung der Keimung. Nach der natürlichen Feuchtigkeit des Bodens und der wasserhaltenden Kraft desselben, sowie nach der möglichen Einwirkung der Sonne, die natürlich die Oberfläche austrocknet, wird sich daher ebenfalls die Tiefe, in welche der Samen gelegt werden soll, modificiren.

Endlich ist hier noch der Einfluß der atmosphärischen Luft zu erwähnen. Kein Same, so weit bis jetzt bekannt ist, kann sich entwickeln, wenn er nicht aus seiner Umgebung Sauerstoff aufnehmen kann, und zwar muß derselbe frei, d. h. nicht chemisch gebunden sein. Wenn uns Lindley erzählt, daß die Samen nur Wasser brauchten, dieses zersetzten und sich so des Sauerstoffs bemächtigten, so ist das ein von ihm rein aus der Luft gegriffenes, aller Begründung entbehrendes und allen Versuchen direct widersprechendes Mährchen. Der Same muß aus seiner Umgebung so viel freien Sauerstoff aufnehmen, als nöthig ist, die Kohlensäure zu bilden, die er während seines Keimungsprocesses entbindet. Fehlt es an Sauerstoff, so wird die Keimung unterbrochen und der Same geht in Fäulniß über. Deshalb ist freier Luftzutritt eine wesentliche Bedingung der Keimung, und das ist ein Hauptgrund, weshalb zu tief in die Erde gelegte Samen nicht keimen können, weil sie sich hier bald mit einer Atmosphäre von Kohlensäure umgeben, welche durch keine Bewegung der Luft verjagt dem Sauerstoff den Zutritt unmöglich macht. In Kohlensäure, Wasserstoffgas, in Stickstoff und so weiter kann kein Same unter übrigens noch so günstigen Umständen keimen.

Alle in diesen Paragraphen erwähnten Verhältnisse haben in ihrer Weise Einfluß auf die Bestimmung der Tiefe, in welche der Samen gelegt werden darf. Directe Versuche über die beste Tiefe besitzen wir nur unvollständig. Hülsenfrüchte (a), Getreide (b) und Lein (c) 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Zoll tief gesäet keimten um so später, je tiefer sie lagen; bei a u. b betrug der Unterschied im April 10—14 Tage; im Juni 4—7 Tage. Der Lein keimte schon bei 5 Zoll gar nicht mehr, Weizen, in 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 Zoll Tiefe gelegt, entwickelte sich von 1 bis 3 und 4 immer kräftiger, je tiefer er lag, von 3 und 4 bis 7 Zoll dagegen im-

Digitized by Google

mer kümmerlicher. Bei 7 Zoll blieben die Pflanzen ohne Aehren, bei 8 Zoll keimten sie gar nicht mehr.

§. 41. Endlich als letzte Bedingung und zwar als eine der wichtigsten nächst der Feuchtigkeit, haben wir die Temperatur zu betrachten.

Als allgemeines Gesetz dürfen wir hier aufstellen, daß vielleicht mit alleiniger Ausnahme der Vogelmiere und des Kreuzkrautes keine Pflanze keime bei einer Temperatur unter 4° R. Darüber hinaus sind aber die Temperaturen für verschiedene Pflanzen äußerst verschieden, und manche tropische Samen erfordern außerordentlich hohe Temperaturen, um zu keimen. Zwar fehlt es auch hier noch sehr an umfassenden Untersuchungen; nach den Thatsachen, die vorligen, ist es aber wahrscheinlich, daß hier, wie beim Wachsthum der Pflanzen überhaupt, für jede Pflanze sich bestimmte Grenzen nach oben und unten finden, innerhalb welcher die Temperatur schwanken dürfe, so daß die Pflanze innerhalb dieser Grenzen sich um so schneller entwickelt, je höher die Temperatur ist, daß sie also im Grunde stets dieselbe Wärmemenge verlangt, die aber auch eine längere oder kürzere Zeit vertheilt sein kann. So keimt Getreide in Schweden am 20. April gesäet in 16—18 Tagen, am 22. Mai gesäet in 8—9 Tagen, am 4. Juni gesäet in 6—7 Tagen. Weizen und Gerste keimten bei 16° bis 20° R. in 10 Stunden, bei 20° bis 28° R. in 12 Stunden, bei 40° gar nicht mehr (Edwards u. Collin).

Die Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur schwanken darf, sind für verschiedene Pflanzen offenbar sehr verschieden weit. Für unsere meisten Culturpflanzen scheint der Spielraum sehr groß zu sein. Für andere dagegen, z. B. für die oben (§. 39) angeführten, nur im Frühling keimenden Pflanzen sehr enge. So keimen manche Pflanzen, z. B. das Bilsenkraut, zweimal im Jahre, im Frühling bei einer gewissen Temperatur und zum zweiten Male im Herbst, wenn die Wärme abermals auf denselben Grad wieder herabgesunken ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß es für die folgende Vegetation nicht ohne Einfluß ist, ob der Same sich schnell oder langsam entwickelt habe, aber auch darüber fehlen alle Versuche.

C. Erscheinungen des Keimens.

§. 42. Die Erscheinungen des Keimens zerfallen in zwei Gruppen, in die Entwickelung der Gestalt der jungen Pflanze und die chemischen Processe, welche gleichzeitig in dem Samen und der Keimpflanze vorgehen. Beide zusammen kann man in drei Epochen zerfällen. In der ersten wird die Keimung vorbereitet, indem die hinzutretende Feuchtigkeit den

Digitized by Google

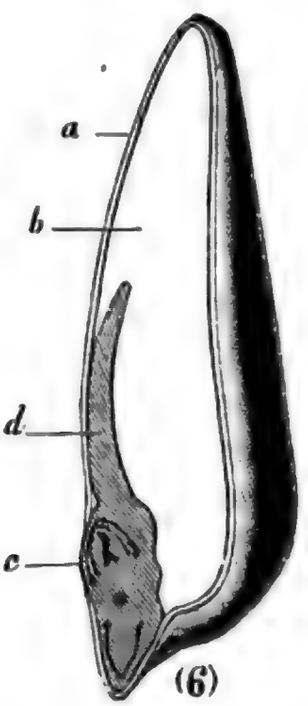
chemiſchen Proceß möglich macht und einleitet; in der zweiten findet ein lebhafter Zerſetzungsproceß in den Hülfsorganen Statt, und auf Koſten derſelben entwickelt ſich das Würzelchen; in der dritten endlich wird auch das Knöspchen ernährt und entwickelt. Mit dem völligen Abſterben der Hülfsorgane iſt die Keimung beendigt.

§. 43. Die Bildungsvorgänge beim Keimen ſind am beſten an einigen Beiſpielen zu erläutern. Ich wähle zu dieſem Zwecke einige der gewöhnlicheren Culturpflanzen.

Fig. 75.

(1)

Fig. 76.



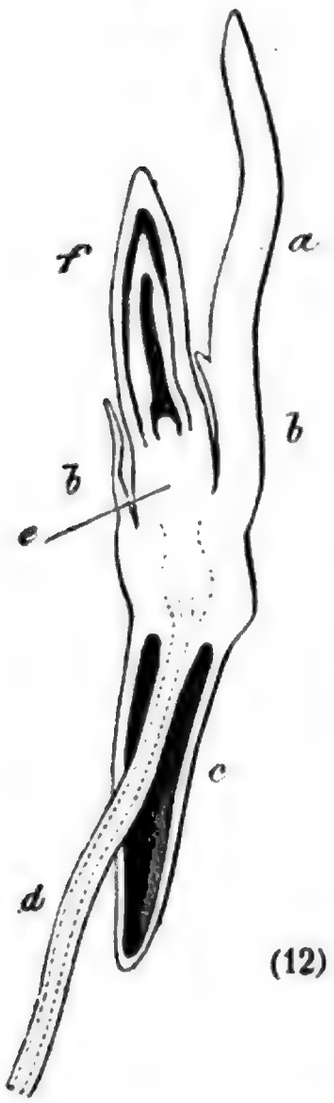
(6)

1. Keimung des Hafers. Wenn wir das Haferkorn etwa 24 Stunden in Waſſer aufquellen laſſen und dann (alſo am Ende der erſten Periode des Keimens) die Hülſen entfernen, ſo zeigt es, von vorn geſehen (Fig. 75.), nach unten einen weißlichen, faſt rautenförmigen Fleck, unter welchem der Keim liegt. Das unterſte Ende deſſelben iſt ſchon als Würzelchen etwas zugeſpitzt, obwohl die Schalen an dieſer Stelle noch nicht geſprengt ſind. Machen wir einen Längsſchnitt durch das Korn ſenkrecht auf die vordere Fläche (Fig. 76.), ſo entdecken wir unter der Samenſchale (*a*) den großen Eiweißkörper (*b*) und an ſeinem unteren Ende den Keim (*c*, *d*). Dieſer letztere iſt aber ſchon nicht mehr ganz unverändert, denn vergleichen wir ihn mit dem Keim aus einem noch uneingeweichten Haferkorn, ſo finden wir ihn bei letzterem im unteren Theile (unterhalb *c*) weniger hervorragend, im oberen Theil (*d*) aber bei weitem kürzer. Einige Tage ſpäter (je nach der Temperatur), wenn ſich nach unten ein Würzelchen aus dem Korn hervorgedrängt hat, zeigt der aus ſeinen Hüllen frei präparirte Keim ſchon ein ganz anderes Ausſehen (am Ende der zweiten Keimungsperiode). Fig. 77. ſtellt einen ſolchen Keim im Längsſchnitt dar. Es iſt leicht, die einzelnen Theile auf den noch im Korn eingeſchloſſenen Keim zu beziehen. Der Samenlappen (*a*) iſt im Ganzen unverändert, nur ſein ſcheidenförmiger Theil (*b*, *b*), mit welchem er das Knöspchen umſchloß, iſt nach oben geſprengt, um letzterem den Austritt zu geſtatten. Das Würzelchen (*c*) hat ſich allerdings etwas verlängert, aber ſchon in dieſer Periode hat es keine Bedeutung mehr, denn ſchon iſt das erſte Nebenwürzelchen (*d*), deſſen unteres Ende in der Abbildung weggelaſſen iſt, hervorgebrochen und übernimmt die Ernährung der Pflanze. Es entſpringt da, wo der Sa-

Digitized by

menlappen (das erste Blatt) mit dem Stengel des Pflänzchens zusammenhängt, d. h. am ersten Knoten. Gerade die Knoten sind es, welche bei den Gräsern vorzugsweise das Hervortreten der Nebenwurzeln begünstigen. Der Stengeltheil vom ersten Knoten bis zum zweiten, also das erste Stengelglied (*e*) hat sich schon etwas in die Länge gestreckt, der übrige Theil des Knöspchens ist zwar etwas verlängert, aber sonst noch unentwickelt. Das erste Stengelglied wird selten länger als das Korn, so daß der zweite Knoten an der Spitze desselben zu liegen kommt, das zweite Blatt, welches sich hier ansetzt, bleibt stets scheidenförmig und umfaßt den unteren Theil der jungen Pflanze. Die Verlängerung der folgenden Stengelglieder hängt ganz von der Lage des Samens in der Erde ab. Je tiefer er liegt, desto mehr strecken sich die nächsten zwei oder drei Stengelglieder aus, bleiben aber dann immer fadenartig dünne. Erst das Stengelglied, welches der Oberfläche der Erde ganz nahe liegt, wird gleich so breit angelegt, als es später erscheint (etwa 1 Linie im Durchmesser); dies erste dickere Stengelglied bleibt aber auch gewöhnlich sehr kurz, so daß der Knoten, womit es anfängt, dicht unter der Oberfläche, der, womit es endet, dicht auf der Oberfläche des Bodens liegt. Diese beiden Knoten entwickeln dann die stärksten und kräftigsten Nebenwurzeln, die vorzugsweise die Ernährung der ganzen Pflanze übernehmen, indem der untere Theil derselben bald abstirbt. Die aus dem oberen der erwähnte Knoten entspringenden Nebenwurzeln werden gemeinhin Kronwurzeln genannt.

Fig. 77.



(12)

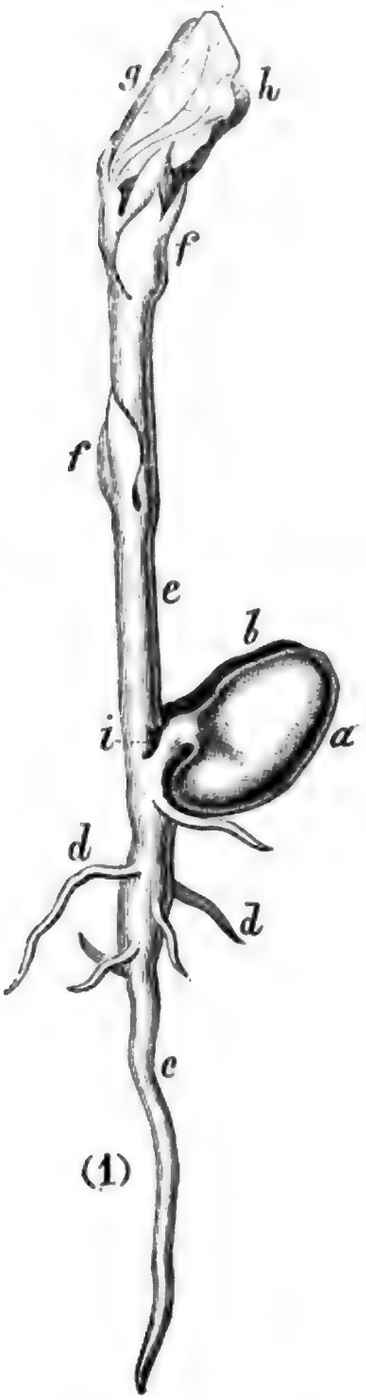
Ganz so wie beim Hafer verhält sich mit sehr unbedeutenden Modificationen die Keimung bei allen Cerealien. Die gewöhnliche Beschreibung in den meisten landwirthschaftlichen Schriften ist deshalb falsch, weil sie die ganze Sache viel zu regelmäßig darstellt, und einen einzelnen Fall als allgemeines Gesetz aufstellt.

2. Keimung der Feldbohne. Die Keimungsgeschichte der zweisamenlappigen Pflanzen ist im Allgemeinen viel einfacher als die der einsamenlappigen. §. 44.

Digitized by Google

Das Würzelchen dehnt sich aus, sprengt die Samenschale, senkt sich in die Erde und das Knöspchen erhebt sich bei allmäliger Entwickelung seiner Stengelglieder und Blätter über den Boden. Auch hier findet es sich nicht selten, daß die ersten auf die Samenlappen folgenden Blätter noch verhältnißmäßig unvollkommen ausgebildet sind. Vergleichen wir eine gekeimte Feldbohne, wenn sie anfängt, ihre ersten vollkommenen Blätter zu entwickeln, also am Ende der zweiten Keimungsperiode (Fig. 78.), mit dem im Samen enthaltenen Keime (Fig. 79. bis 81.), so wird der ganze Vorgang der Keimung und die Beziehung der einzelnen Theile auf einander leicht klar. Das Würzelchen des Keimes (Fig. 79. — 81. *b*), hat sich lang entwickelt (Fig. 78. *c*) und mehrere Seitenäste (Figur 78. *d*, *d*) getrieben. Die beiden Samenlappen (Figur 79. und 81. *d*, *d*) sind äußerlich unverändert (Figur 78. *a*, *b*). Sie bleiben unter der Erde gewöhnlich in der Samenschale eingeschlossen. Nur ihre Blattstiele haben sich etwas verlängert und in den Winkeln derselben haben sich als Beweis ihrer Blattnatur Knospen (F. 78. *i*) entwickelt. Das erste Stengelglied (Fig. 78. *e*), in der Knospe kaum zu unterscheiden, hat sich bedeutend verlängert, und dadurch das nächste auf die Samenlappen folgende Blatt (Fig. 80. *c*), weit von denselben entfernt (Fig. 78. *f*). Auf dieses folgt noch ein zweites unvollkommenes Blatt (*f*) und erst das dritte und vierte (Fig. 78. *g*, *h*) erhalten die vollkommene Gestalt. Dieselben Erscheinungen treten bei allen Hülsenfrüchten in gleicher Weise ein, und der Unterschied besteht hauptsächlich darin,

Fig. 78.



(1)

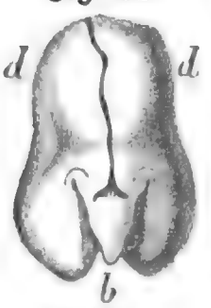
Fig. 79.

(1)

Fig. 80.

(2)

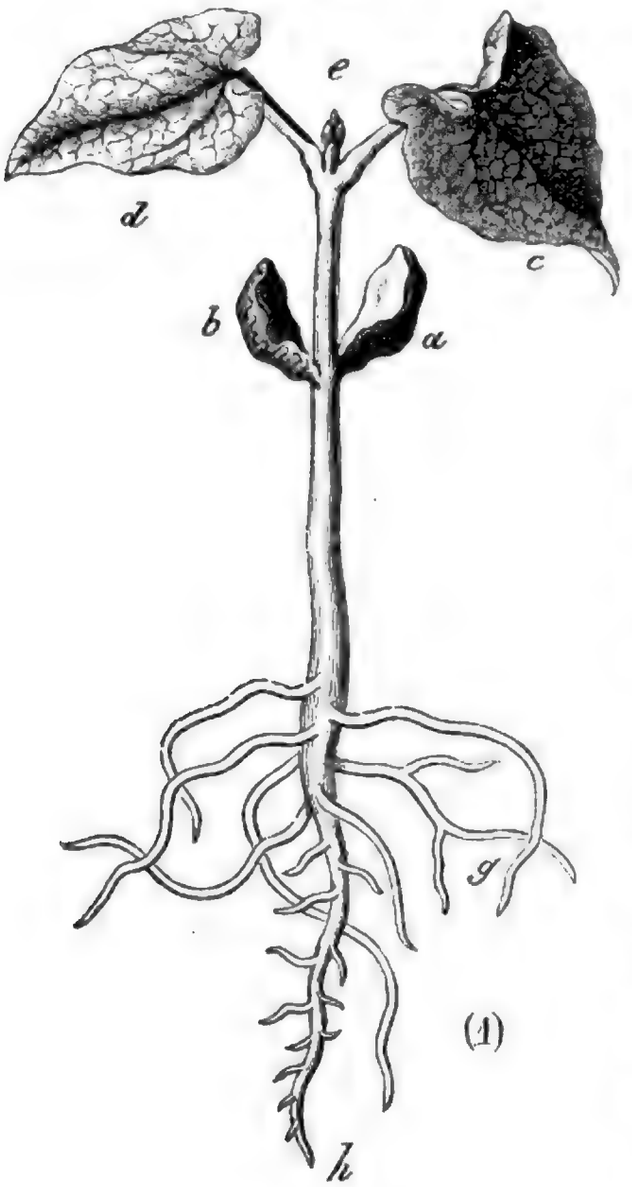
Fig. 81.



(1½)

ob die Samenlappen, wie bei der Pferdebohne, in der Samenschale und unter der Erde bleiben, oder die Samenschale abwerfen und sich über dem Boden erheben, wie bei der weißen Bohne, welche Fig. 82. in einem etwas weiter entwickelten Zustande (am Ende der dritten Periode) dargestellt ist, wo *a, b* die schon verwelkenden Samenlappen, *c, d* das auf dieselben folgende Blattpaar, *e* das Knöspchen, *h* die Spitze des ursprünglichen Würzelchens, *g* die später entstandenen Wurzeläste bezeichnet. Uebrigens bleiben die Samenlappen bei allen Hülsenpflanzen immer dick und fleischig und nehmen niemals eine wirkliche Blattform und nur selten, wie bei den Lupinen, eine grüne Farbe an.

Fig. 82.

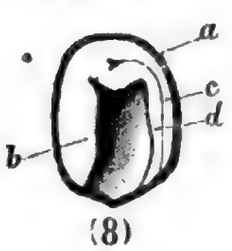


(1)

3) Keimung des Rapses. Die Keimung der kohlartigen Pflanzen unterscheidet sich von der der Hülsengewächse hauptsächlich dadurch, daß die beiden Samenlappen sich stets über dem Erdboden erheben, und dünne grüne, gekerbte Blätter darstellen. Eine Vergleichung des Keimes (Fig. 83. bis 85. mit einem Pflänzchen aus der Mitte der zweiten Keimungsperiode (Figur 86. f. f. S.) und einem anderen aus der dritten Periode (Fig. 87. f. f. S.) macht leicht den ganzen Hergang deutlich. Zuerst verlängert sich das Würzelchen (F. 83. und 84. *b*, Fig. 85. *a*, Fig. 86. und 87. *b*), tritt aus der gesprengten Samenschale (Fi-

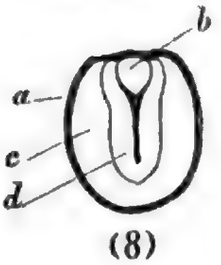
§. 45.

Fig. 83.



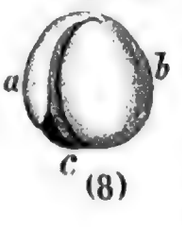
(8)

Fig. 84.



(8)

Fig. 85.



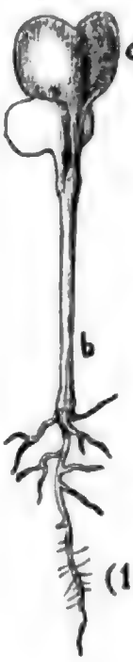
(8)

Digitized by Google

gur 83., 84. und 86. *a*) hervor, verästelt sich besonders in seinem mittleren Theile, während die Streckung des oberen Theiles den ganzen Samen (Fig. 86. von *b* bis *c*) über den Boden erhebt. Der untere Theil bedeckt sich besonders im lockeren feuchten Boden gewöhnlich mit feinen Haaren. Zunächst gleicht sich dann die Krümmung des Keimpflänzchens aus, es streckt sich gerade (Fig. 86.). Allmälig entwickeln sich die Samenlappen (Fig. 83. und 84. *c*, *d*, Fig. 85. *b*, *c*, Fig. 86. und 87. *c*, *d*), zerreißen die Samenschale durch ihre Ausdehnung (Fig. 86. *a*) und werfen sie endlich ganz ab, so daß sie als grüne Blätter sich ausbreiten. Stets bleiben sie aber etwas ungleich, und man kann den, welcher in dem Samen den anderen umschloß (Fig. 83. und 84. *c*) auch im späteren Zustande noch leicht an seiner Größe und seinem längeren Blattstiel erkennen (Fig. 87. *c*). Bei weiterer Entwickelung erhebt sich das zwischen beiden Samenlappen liegende Knöspchen zu Stengeln und Blättern.

Fig. 8

Fig. 87.



§. 46.

Fig. 88.

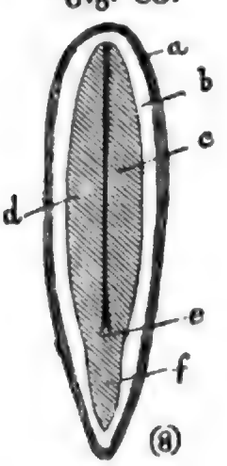
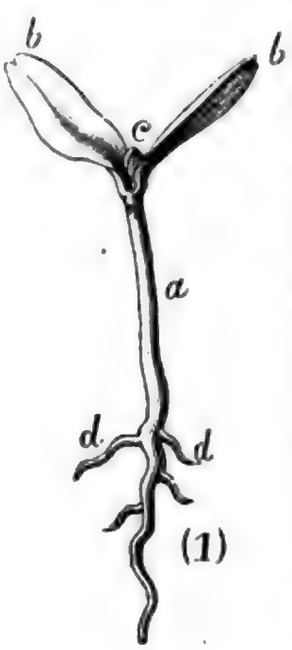


Fig. 89.

Fig. 90.



4) Keimung des Leins. Diese Entwickelung ist noch einfacher, als bei den beiden vorigen, weil der Keim schon im Samen gerade liegt (Fig. 88., 89.). Das Würzelchen (Fig. 88. *f*, Fig. 89. *b*) streckt sich in die Länge und durchbricht die Samenschale, der obere Theil des Würzelchens hebt durch seine Ausdehnung den ganzen Samen in die Höhe (Figur 90. *a*). Der untere Theil des Würzelchens dagegen verästelt sich in der Erde (Fig. 90. *d*, *d*). Die sich entwickelnden Samenlappen (Fig. 88. *c*, *d*) sprengen die Samenschale und werfen sie ab (Fig. 90. *b'*, *b*). Zwischen ihnen erscheint dann die sich weiter entfaltende Knospe (Fig. 90. *c*). Ganz ähnlich in ihrer Keimung verhalten sich die korbblüthigen Gewächse.

Digitized by Google

Keimung der Kartoffel. Die Entwickelung der Setzkartoffel §. 47.
zur Pflanze ist eigentlich von der Keimung wesentlich verschieden, da hier von keinem Samen, von keiner ächten Keimpflanze die Rede sein kann. Wenn man aber von der wissenschaftlichen Bestimmung der Organe absieht, so läßt sich die Entwickelung der Mutterkartoffel und des Samens allerdings in Vergleich mit einander stellen, indem auch hier eine Pflanzenanlage zwar nicht als Keim, sondern als Knospe (Auge) und Hülfsorgane, wenn auch nicht als Eiweißkörper und Samenlappen, doch als fleischiger Stengel (als Knolle) vorhanden sind. Die Verhältnisse sind daher auch hier sehr einfach. Sobald die Vegetation in der gelegten Kartoffel beginnt, entwickelen sich die Knospen (die Augen) zu Stengeln und Blättern. Aus den unteren Knoten dieser Stengel treten sehr bald Nebenwurzeln hervor, die später die Ernährung der Kartoffelpflanze übernehmen. Aus den Winkeln der unteren unvollkommenen Blätter entwickelen sich Seitenäste, welche nicht aufwärts steigen, sondern in die Erde dringen. An diesen Seitenästen, die ebenfalls nur unvollkommen zu kleinen Schüppchen entwickelte Blätter haben, entstehen die jungen Kartoffeln (vergl. weiter unten §. 80.). Je mehr Knoten mit Erde bedeckt sind, um so mehr werden solche kartoffelzeugende Seitenäste gebildet; jedoch hat das seine ganz bestimmten Grenzen, da eben so wie bei dem Samen die Kartoffel nicht über eine bestimmte Tiefe gelegt werden darf, wenn sie sich gesund entwickeln oder überhaupt zum Treiben kommen soll.

Bei allen Keimungen sind zwei Verhältnisse bestimmt. Es mag näm- §. 48.
lich der Same oder die Knolle im Boden liegen, wie sie wolle, der Keim im Samen mag gerade oder gekrümmt sein, stets dringen die Würzelchen, oder an der Stelle derselben die Nebenwurzeln in den Boden ein, und stets steigt der aus dem Knöspchen sich entwickelnde Stengel mit seinen Blättern aufwärts an das Licht und erhebt sich über die Erde. Demselben Gesetze folgen auch im Allgemeinen sämmtliche Seitenäste des Hauptstengels. Bis jetzt ist uns die Ursache, welche diese Theile zwingt, eine so ganz constante Richtung anzunehmen, völlig unbekannt. Manche haben hier von einer Wirkung der Schwerkraft gesprochen, ohne damit mehr zu beweisen, als ihre eigene physicalische Unwissenheit. Viel wahrscheinlicher liegt der Grund in eigenthümlichen chemischen Unterschieden in den Wurzeln und im Stengel, wodurch jene gezwungen sind, vorzugsweise dahin zu wachsen, von wo aus sie ernährt werden, jene dahin, wo ihre Ausdünstung am lebhaftesten ist. Indeß wissen wir, wie gesagt, hier durchaus nichts, was sich einigermaßen begründen ließe.

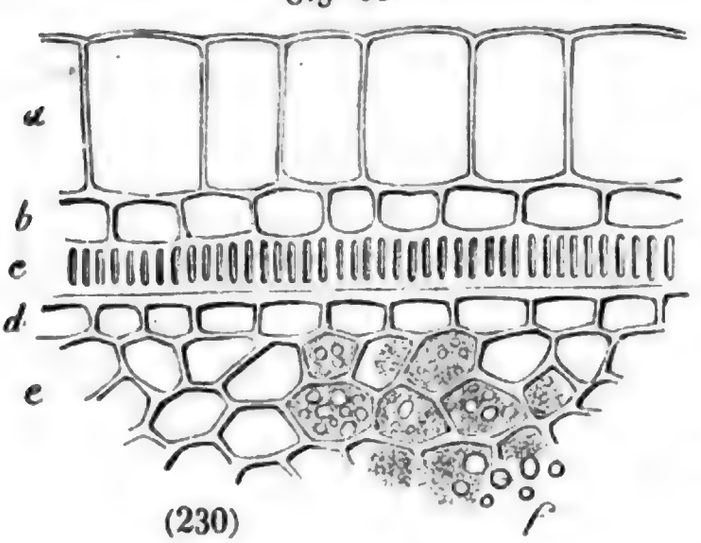
Von dem angegebenen Gesetz machen so weit bis jetzt bekannt ist, nur die Seitenäste, die aus den Winkeln der Samenlappen und aus den un-

Digitized by Google

teren Blättchen entspringen bei einigen Pflanzen z. B. beim Spargel, bei der Kartoffel eine Ausnahme, indem diese Seitenäste wie beim Spargel horizontal unter der Bodenfläche fortwachsen, oder wie bei der Kartoffel gerade zu abwärts wachsen und in den Boden eindringen. Immer sind diese sich gegen die allgemeine Regel entwickelnden Zweige dazu bestimmt, die Erhaltung der Pflanze zu vermitteln, indem daraus wie beim Spargel der perennirende Wurzelstock sich bildet, oder wie bei der Kartoffel gerade an diesen Aesten die Knollen erzeugt werden.

§. 49. Die chemischen Vorgänge beim Keimen lassen sich noch schärfer als die Bildungsvorgänge nach drei Perioden abtheilen. Die erste Periode umfaßt nur das Aufquellen des Samens durch eindringende Feuchtigkeit. Diese Feuchtigkeit dringt bald von der ganzen Oberfläche des Samens, bald ausschließlich oder doch vorzugsweise von der früheren Anheftungsstelle desselben dem Nabel, (bei den Bohnen die sogenannte Nath) ein. Manche Samen haben eigenthümliche Verrichtungen, um dieses Eindringen des Wassers zu begünstigen. Untersucht man einen feinen Querschnitt durch die Schale des Leinsamens (Fig. 91.), so erkennt man die Oberhaut (*a*) als aus sehr großen dünnwandigen Zellen zusammengesetzt. Schon ohne Anwendung von Reagentien entdeckt man bei einiger Aufmerksamkeit, daß diese Zellen von einer gallertartigen Substanz ganz erfüllt sind. Noch deutlicher wird dieselbe bei Befeuchtung des Schnittes mit Jodinetinctur, indem alles übrige bis auf diese gallertartige Substanz, die sich dann durch ihre glasartige Helle und Durchsichtigkeit auszeichnet, gelb gefärbt wird. Diese Gallerte hat eine große Verwandtschaft zum Wasser, welches sie mit Lebhaftigkeit anzieht, dadurch aufschwillt und so die Oberhautzellen sprengt. Jedes Leinsamenkorn überzieht sich daher in Wasser eingeweicht mit einer schlüpfrigen Substanz, welche auf diese Weise den Samen mit Feuchtigkeit versorgt. Ein ganz ähnliches Verhältniß findet auch bei der Leindotter Statt

Fig. 91.



(230)

Die in den Samen eindringende Feuchtigkeit durchdringt zuerst die Zellenwände, macht dieselben wieder geschmeidig, biegsam und fähig, Flüssigkeiten den Durchgang zu gestatten; sodann dringt sie in die Zellen

selbst ein, vertreibt hier die etwa vorhandene Luft, durchfeuchtet die in der Zelle enthaltenen Substanzen, besonders die stickstoffhaltige Auskleidung der Zelle; löst ferner die auflöslichen, aber angetrockneten Substanzen auf, und stellt so wieder einen flüssigen Zellsaft her.

Die Menge der Flüssigkeit, welche hierzu erforderlich, ist, wie man leicht denken kann, für die verschiedenen Pflanzenarten sehr verschieden und noch lange nicht genügend untersucht. Beispielsweise will ich folgende im hiesigen physiologischen Institute gewonnenen Resultate anführen:

Es wogen in Grammen:

Körnerzahl.	Name.	Lufttrocken.	24 Stunden in Wasser eingeweicht.	Gewichtszunahme in Procenten.
100	Weizen	4,323	5,403	25 %
200	Hafer	5,840	7,670	31 »
100	Roggen	2,761	3,804	37 »
300	Raps	0,625	0,965	46 »
24	Pferdebohnen	12,943	20,500	58 »
100	Wicken	5,570	9,950	78 »
50	Blaue Erbsen	8,829	16,330	85 »
300	Rother Kopfklee	0,530	1,189	124 »
350	Leindotter	0,320	1,205	276 »

§. 50. Die zweite Periode der Keimung besteht fast wesentlich in Zerstörung und Umbildung der in den Hülfsorganen enthaltenen organischen Substanz. Die Erscheinungen sind im Allgemeinen folgende. Der durchfeuchtete Same nimmt aus seiner Umgebung den freien (nicht chemisch gebundenen) Sauerstoff auf, und dieser verbindet sich mit dem Kohlenstoffe des Stärkemehls, des Oels oder des Zellstoffs der Hülfsorgane zu Kohlensäure, welche entweicht, während Wasser und Sauerstoff jener Substanzen (beim Oel wohl noch unter Hinzutreten von Sauerstoff) zu Wasser zusammentreten. Die somit stattfindende Verbindung von Kohlen- und Wasserstoff mit Sauerstoff (d. h. eine ohne Lichterscheinungen vor sich gehende Verbrennung) hat eine bedeutende Erhöhung der Temperatur zur Folge, die sich zwar nicht bei einem einzelnen Samen, wo die Wärme ebenso schnell wieder verloren geht wie sie erzeugt wird, wohl aber bei vielen an einem Orte zugleich keimenden Samen erkennen läßt. Gleichzeitig mit diesem Verbrennungsproceß wird aber auch ein Theil der Stärke, des Oels oder des Zellstoffs in Stärkegummi und Stärkezucker umgewandelt. Diese durchdringen dann in aufgelöstem Zustande die Zellenwände und die-

Digitized by Google

nen zunächst zur Ernährung des Würzelchens, welches vorzugsweise auf Kosten dieser Substanzen sich entwickelt, die Samenschale sprengt und hervortritt, um in den Boden einzudringen. Das Resultat dieses ganzen Vorganges ist, daß die ganze Pflanze in dieser Periode einschließlich der Reste des Samens und selbst noch bis zu Ende der dritten Periode, wenn sie selbst 10 und mehrmal größer erscheint als der Same, doch nach Abzug des freien Wassers bedeutend viel leichter ist, als der Same vor dem Keimen war. Vorarbeiten fehlen hier wie überall fast ganz. Folgende Angaben entlehne ich dem Journal unseres physiologischen Instituts*) und Bouſſingault's Agriculturchemie.

Es wogen in Grammen:

Zahl.	Namen.	Luft-trockene Samen.	Zeit der Keimung. Tage.	Luft-trockene Keim-pflanzen nebst Samen-reste.	Verlust in Procenten des Samens.
24	Pferdebohnen	12,943	16 (im Jan.)	10,914	29 %
50	Erbsen	8,829	18 (» Jan.)	6,748	24 »
100	Weizen	4,323	18 (» Jan.)	3,351	23 »
100	Roggen	2,761	12 (» Jan)	2,347	15 »
36	Gerste	1,995	7 (» Aug.)	0,642	68 »
100	Wicken	4,598	18 (» Mai)	3,842	17 »
350	Leindötter	0,320	(» Febr.)		
300	Raps	0,625	(» Febr.)		
300	Rother Kopfklee	0,530	(» Febr.)		

Nach Bouſſingault.

Zahl.	Namen.	Samen bei 110° C. getrocknet.	Zeit der Keimung. Tage.	Keimpflanzen und Samen-reste bei 110° getrocknet.	Verlust in Procenten des Samens.
10	Erbsen	2,237	26	1,075	52 %
46	Weizen	1,665	51	0,713	57 %

*) Da die nachfolgenden Angaben ganz verschiedenen für ganz andere Zwecke geführte Untersuchungen entlehnt sind, so erscheinen nicht alle gleichförmig z. B. in der Zeit vom Beginn der Keimung bis zur Wägung. Für den gegenwärtigen Zweck müssen sie aber vorläufig genügen.

Digitized by Google

Ich muß hier bemerken, daß die so eben gegebene Darstellung des chemischen Processes in der zweiten Keimungsperiode nur die allgemeineren Hauptpunkte hervorhebt. Es leidet keinen Zweifel, daß der ganze Vorgang bei verschiedenen Pflanzen im Einzelnen sehr verschieden ist, und daß überhaupt wohl die ganze Stoffumwandlung in der keimenden Pflanze nicht so ganz einfach vor sich geht, wie es nach den bloßen Endresultaten erscheint. Nicht immer geht aller Kohlenstoff, der verbrennt, in Kohlensäure über, sondern wie Bouſſingault nachgewiesen, auch zum Theil in Kohlenoxydgas. Ja es mögen vorübergehend noch manche Verbindungen auftreten zwischen Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff, die uns noch völlig unbekannt sind.

An den chemischen Veränderungen, welche im Samen stattfinden, hat vor Allem die stickstoffhaltige Substanz einen wesentlichen Antheil. Auch hieran wird ohne Zweifel ein wenn auch geringer Theil zersetzt, und bildet Ammoniakverbindungen. Das meiste bleibt allerdings unzersetzt aber nicht unverändert, denn die stickstoffhaltigen Substanzen in gekeimten Samen zeigen jedesmal ganz andere Eigenschaften als die des ungekeimten. In der Gerſte entsteht bei dieser Gelegenheit, die so vielfach besprochene Diastase (vergl. Bd. II, S. 74.).

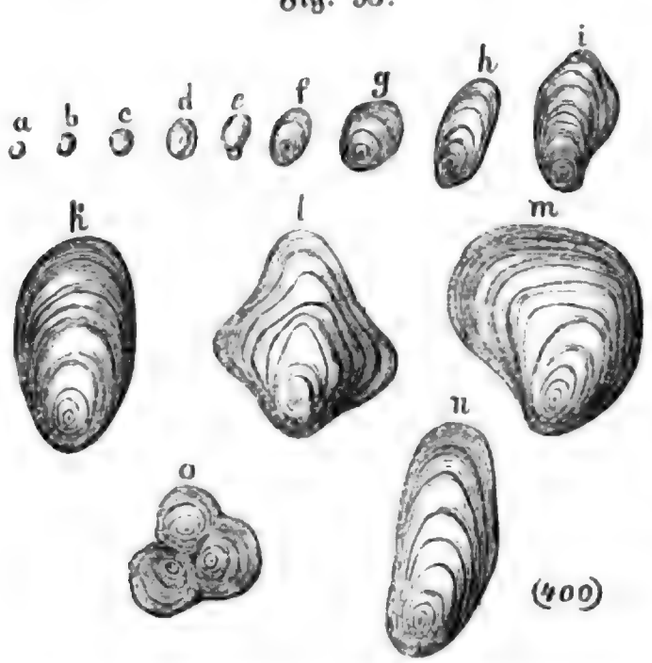
Eine noch völlig unaufgeklärte Erscheinung beim Keimen ist die Art und Weise wie das Stärkemehl aufgelöst, und umgewandelt wird. Daß diese Frage ein großes praktisches Interesse habe, wird Niemand bezweifeln, der bedenkt, welche bedeutenden technischen Processe sich gerade an die Auflösung des Stärkemehls und seine Umwandlung in Zucker knüpfen, ich meine Bier- und Branntweinbereitung. Leider müssen wir bekennen, daß uns bis jetzt die eigentliche Ursache, welche die Stärke in dem keimenden Samen und in der keimenden Kartoffel auflöst, völlig unbekannt ist. Man glaubte vor einigen Jahren in der schon erwähnten Diastase die Auflösung des Räthsels gefunden zu haben, aber nur diejenigen haben sich daran genügen lassen können, welche mit den Erscheinungen des Keimungsprocesses völlig unbekannt sind. Kennt man diese genauer, so sieht man bald ein, daß die ganze Lehre von der Diastase ein unhaltbares Luftgebäude ist. Zuerst ist es gewiß, daß in der ungekeimten Gerſte keine Diastase vorhanden, dieselbe vielmehr erst ein Product der Keimung ist, also durchaus unerweislich bleibt, daß sie der Zuckerbildung vorangeht. Zweitens wird nicht nur in der Gerſte, sondern auch in allen anderen Getreidearten, in allen Hülſenfrüchten, in der keimenden Setzkartoffel und so weiter Stärke aufgelöst und in Zucker umgewandelt, aber bis jetzt hat noch Niemand bei allen diesen, mit angeblicher Ausnahme der Kartoffel, die Gegenwart der Diastase nachgewiesen. Drittens wirkt Diastase gar nicht auf ganze unverletzte Stärkekörner ein, sondern nur

Digitized by Google

auf Stärkekleister, oder doch auf Stärkekörner erst bei einer Temperatur, bei welcher sie anfangen in Kleister überzugehen, eine Temperatur, die viel zu hoch ist, als daß die meisten keimenden Pflanzen sie vertragen könnten, ohne getödtet zu werden. Bei niederer Temperatur dagegen unterscheidet sich die Einwirkung der Diastase nicht im geringsten von der des Klebers und anderer stickstoffhaltiger Substanzen. Endlich war die ganze Lehre von der Diastase von Payen ursprünglich auf eine durchaus falsche Ansicht von der Structur der Stärke gegründet und paßt gar nicht, wenn man richtige Ansichten über den Bau der Stärkekörner (vergl. oben §. 8.) mit hinzubringt, paßt am wenigsten, wenn man aus Beobachtung weiß, wie in der That die Stärke in den keimenden Pflanzentheilen aufgelöst wird. Ich wähle hier die Kartoffelstärke als Beispiel. Wenn man eine etwa vier Wochen alte Saatkartoffel aufnimmt und mikroskopisch das darin enthaltene Stärkemehl untersucht, so findet man schon den größten Theil der Körner wesentlich verändert. Leicht kann man sich aus den verschiedenen Formen, die man erblickt, eine vollständige Reihe zusammenstellen, welche die allmälige Auflösung des Korns von den ersten Anfängen an bis auf den letzten Augenblick darstellt (Fig. 92.). Vergleicht man diese Stufenfolge mit derjenigen, welche die allmälige Bildung des Stärkekorns darstellt (Fig. 93. *a* bis *k*), so sieht man gleich, daß hier nicht die geringste Aehnlichkeit Statt hat, daß also die Auflösung nicht etwa der umgekehrte Proceß der Bildung ist. Leicht wird man aber über den Vorgang ins Reine kommen, wenn man zu der Reihe (Fig. 93.) noch ein der ersten Stufe möglichst ähnliches unverletztes Korn (Fig. 93. *n*) hinzufügt. Man sieht dann, daß der Vorgang in einer allmäligen Auflösung des Korns von Außen nach Innen besteht, in der Weise, daß dasjenige Ende, an welchem der ursprüngliche Kern des Stärkekorns liegt, so wie das entgegen-

Fig. 92.

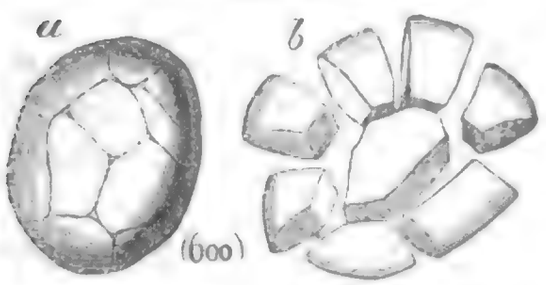
Fig. 93.



Digitized by Google

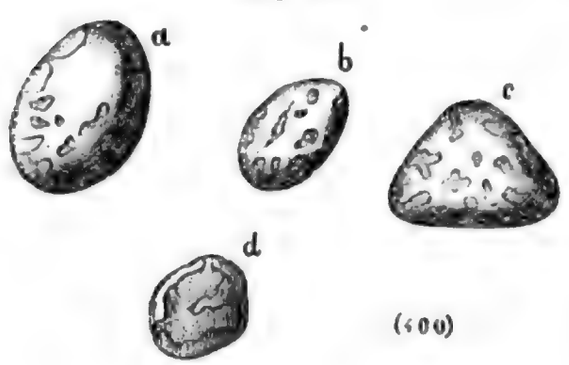
gesetzte Ende desselben der auflösenden Kraft am längsten Widerstand leisten, daß also das anfänglich eiförmige Korn allmälig zu einem stabförmigen Körper umgebildet wird. Am längsten widersteht offenbar der ursprüngliche Kernpunkt, wie das sich aus der Vergleichung der einzelnen Stufen (Fig. 93. von *a* bis *g*) ergiebt. Einen verwandten Auflösungsproceß finde ich unter den Cerealien nur bei dem Hafer. Wie früher erwähnt, zerfallen die größeren Stärkekörner des Hafers beim Druck in mehrere scharfkantige Stücke (Fig. 94. *a*, *b*). Dieselbe Erscheinung tritt auch beim Keimen des Hafers von selbst ein. Die einzelnen Stückchen werden sodann aber ganz auf dieselbe Weise wie die Kartoffelstärke allmälig von außen nach innen aufgelöst.

Fig. 94.



Ein ganz anderer Vorgang aber zeigt sich, wenn man Kartoffelstärke mit frischer Bierhefe zusammengerührt der Gährung überläßt. Untersucht man nach einigen Tagen die Stärkekörner, so findet man sie nur an einzelnen Stellen auf eigenthümliche Weise aufgelöst, gleichsam angefressen (Fig. 95. *a* bis *c*). Es dringen verschiedene Löcher und selbst längere Canäle von außen in die Substanz des Korns ein. Die Kreislinien, welche die Schichtung des Korns bezeichnen, sind dabei ganz verschwunden. Läßt man die Stärke länger mit frischer Hefe in Berührung, so wird die äußere Mündung dieser Löcher nur selten erweitert, dagegen dehnen sie sich immer weiter im Inneren aus, fließen hier zu einer gemeinschaftlichen Höhle zusammen (Fig. 95. *d*). und so wird allmälig das Korn von innen nach außen aufgelöst, der äußere Umfang wird immer dünner und verschwindet endlich gänzlich meistentheils nachdem er vorher in einzelne unregelmäßige Fetzen zerfallen ist. Ganz derselbe Proceß der Auflösung findet nun auch unter den Cerealien bei der keimenden Gerste Statt. Und ausgezeichnet schön lassen sich die sämmtlichen Stufen der Auflösung in jedem guten Malze beobachten.

Fig. 95.



Die Auflösung der Stärke geschieht übrigens immer zuerst an den Stellen, wo die daraus entstandenen flüssigen Stoffe zunächst verbraucht werden, also bei den Kartoffeln in der Nähe der Augen, in den Cerealien an dem unteren Ende des Korns, wo der Keim liegt, bei den Hül-

sengewächsen in dem äußeren Umfang der Samenlappen. Die Auflösung schreitet dann allmälig von diesen Stellen aus fort, bei den Getreidearten bis zum entgegengesetzten Ende, bei Kartoffeln und Hülsengewächsen von außen gegen das Innere des Pflanzentheils. Die Zeit, in welcher sämmtliche Stärke völlig zerstört wird, ist noch bei keiner Pflanze genau ermittelt. Ich kann nur aus dem Journal des physiologischen Instituts anführen, daß am 15. Mai gesäete Gerste am 1. Juli und am 1. Juni gelegte Kartoffeln schon am 5 Juli keine Spur Stärke mehr enthielten.

Sind wir schon über die Art und Weise, wie die Stärke in den keimenden Samen umgewandelt wird, mangelhaft unterrichtet, so wissen wir doch noch weniger von der Zersetzung des fetten Oels und der Ueberführung desselben in Zucker; wie hier die Vorgänge aufzufassen und zu erklären sind, liegt noch völlig im Dunkel.

Zum Schluß dieser Betrachtungen über die Keimung will ich noch des Malzprocesses erwähnen, welcher nichts ist als ein beginnender und zwar eigenthümlich geleiteter Keimungsproceß. Der Zweck desselben ist, die in dem Eiweißkörper des Gerstenkorns enthaltene Stärke möglichst vollständig in Dextrin und Stärkezucker umzuändern, und möglichst wenig davon durch Verwendung für Wurzel- und Knöspchenentwickelung zu verlieren. Dazu kennen wir bis jetzt nur das Mittel, den ganzen Vorgang des Keimens bei niedriger Temperatur und bei Ausschluß des Lichtes vor sich gehen zu lassen. In der ersten Beziehung nimmt man den Malzproceß vorzugsweise im Frühlung und Herbst in lichten Räumen vor, und sucht der Erhitzung, welche, wie oben (§. 50.) gezeigt ist, in Folge des Keimungsprocesses selbst eintreten kann, durch öfteres Umschaufeln entgegen zu wirken. Die schon oben mitgetheilten Versuche zeigen, daß die Zersetzung der Stärke am raschesten in der Dunkelheit vor sich geht, indem z. B. Körner nach 7tägiger Keimung im August im Lichte 8%, im Dunkeln dagegen 67% verloren hatten. Dieselben Körner zeigten ferner schon nach Verlauf von 4 Tagen im Dunkeln ½ Zoll langen Blattkeim, während im Lichte noch kein einziger entwickelt war. Dagegen zeigen die Versuche, daß Roggen und Weizen im Innern nach 12 und 18tägiger Keimung nur 15 und 25% verloren hatten, während die Gerste bei äußerlich gleicher Entwickelung im August bei nur 7tägiger Keimung schon einen Verlust von 67% erlitt.

§. 51. Die dritte Periode endlich umfaßt die Zeit, in welcher die Wurzeln schon anfangen, Stoffe aus dem Boden aufzunehmen. Es ist hierbei sehr wahrscheinlich, daß auch organische Elemente aufgenommen werden; auf jeden Fall aber beträgt diese Aufnahme nicht so viel als der Verlust durch die noch fortgehende Zersetzung der Bestandtheile der Hülfsorgane, welche

Digitized by Google

allmälig ganz entleert werden, zusammenfallen, vertrocknen und von der Pflanze abgeworfen werden. Dagegen werden schon jetzt sehr beträchtliche Mengen unorganischer Stoffe (Aschenbestandtheile) aus dem Boden aufgenommen und gegen das Ende dieser Periode (nach 18tägiger Keimung im Mai) erhalten wir bei dem Vergleich der reifen Samen der Wicke mit den ganzen Pflanzen im völlig trockenen Zustande folgende Verhältnisse:

Es enthalten:

	Organ. Substanz.	Unorg. Substanz.	Summe.
1000 reif. Samen. . .	44,40	1,58	45,98
1000 ganze Pflanzen . .	32,60	2,33	34,93

(gegen das Ende der dritten Keimungsperiode).

Der Verlust an organischer Substanz beträgt also 25%, die Zunahme an unorganischer Substanz dagegen 47%. Der Verlust an organischer Substanz beträgt für den Kohlenstoff 30%, für den Wasserstoff 32%, für den Stickstoff 6% und für den Sauerstoff 37%. Berechnet man den ganzen Verlust an Kohlenstoff als der Stärke angehörig, so bleibt noch ein Rest von verlorenem Wasserstoff, der von zersetzter Stärke nicht gedeckt wird. Hieraus, und aus dem entschiedenen Verluste an Stickstoff, läßt sich mit Sicherheit schließen, daß beim Keimen auch ein Theil der stickstoffhaltigen Substanz zersetzt wird. Uebrigens lassen sich die Quantitäten der beim Keimen ausgeschiedenen Elementarstoffe durch keine Rechnung auf die Zusammensetzung der bekannten Pflanzenstoffe zurückführen, z. B. auf Stärke und Eiweißstoff, oder auf Stärke und Käsestoff (Legumin), selbst dann nicht, wenn man noch ein fettes Oel und selbst eine Säure mit in Rechnung zieht, woraus hervorgeht, daß überall der Zersetzungsproceß beim Keimen keineswegs so einfach sein kann, als man sich denselben gewöhnlich vorstellt.

II. Periode des Wachsens.

§. 52. Der eigentliche Hauptcharakter der Pflanzen liegt im »Wachsen«, daher der Name »Gewächse« so bezeichnend ist. Die Pflanze kennt keine Lebenszeit wie das (höhere) Thier, in welcher man von ihr sagen könnte, sie sei »erwachsen«, ihr Wachsthum sei vollendet. Zwar hat in unseren Gegenden der Winter, in den heißeren Zonen die trockene (regenlose) Jahreszeit einen Stillstand oder doch vielmehr eine Verlangsamung in allen Thätigkeitsäußerungen der Pflanzen zur Folge, aber von diesen Un-

Digitized by Google

terbrechungen abgesehen, kann keine Pflanze leben, wenn sie nicht auch wächst, d. h. fortwährend sich vergrößert, neuen Stoff sich aneignet, neue Zellen bildet. Das Thier, wenn es eine gewisse Größe und Ausbildung seiner Organe erreicht hat, bleibt auf dieser Stufe stehen, es verbraucht einen Theil seines Stoffes und muß diesen aus der Nahrung wieder ersetzen. Die Pflanze dagegen nutzt keinen Stoff ab, scheidet daher auch nie Stoff aus (wie das Thier in seinen Excrementen) und braucht also auch keinen Nahrungsstoff zu ihrer Erhaltung aufzunehmen. Aller neu aufgenommene Stoff wird vielmehr stets zu neuen Bildungen verwendet; aber dies fortwährende Wachsen, sich Vergrößern, ist der Pflanze eben so nothwendig, als dem Thier die Erhaltung seiner selbst. Insofern bedarf die Pflanze ebenfalls fortwährend der Nahrung, die sie aber nicht zum Ersatz des Verbrauchten, sondern zur Neubildung verwendet. Das Resultat der Vegetation ist daher, daß die Pflanze von demjenigen Zeitpunkte ihrer Keimungen, in welchem sie das geringste Gewicht hatte (vgl. §. 50.) bis zu ihrem Tode beständig an Gewicht zunimmt.

Das Wachsen der Pflanze umfaßt drei verschiedene Vorgänge: 1. Die Stoffaufnahme. 2. Die Stoffumwandlung (Aneignung). „Da die von der Pflanze aufgenommenen Stoffe nicht dieselben sind, wie diejenigen, aus welchen sie selbst zusammengesetzt ist, so müssen die aufgenommenen Stoffe erst chemisch umgewandelt, in Stoffe umgeändert werden, welche denen der Pflanze ähnlich sind, sie müssen »assimilirt« werden. 3. Die Stoffgestaltung. Die Pflanze und alle ihre Organe bestehen aus Zellen, der aufgenommene und assimilirte Stoff muß daher noch, um das Wachsen vollständig zu machen, zu Zellen ausgebildet werden. Schon im Vorigen ist erwähnt, daß wir die Kräfte, welche diese Gestaltung des Stoffes bedingen, gar nicht, die Gesetze, unter denen sie wirken, nur sehr theilweise kennen. Wir können daher hierbei vorläufig nur von einem unbekannten Etwas sprechen, welches wir »Bildungstrieb« nennen, und die Wirkungen desselben nach Hauptgesichtspunkten unter Regeln ordnen.

Die Pflanze muß alle ihre Nahrungsstoffe in flüssiger Form in vollkommenen (wäßrigen) Auflösungen zu sich nehmen. Diese Flüssigkeit muß sich ferner in der Pflanze vertheilen, um an die Orte zu gelangen, wo sie verbraucht werden soll. Die genauere Untersuchung des Wachsens der Pflanzen setzt daher nothwendig eine Kenntniß der Saftbewegung in der Pflanze voraus.

Es ist ferner eine Untersuchung nöthig, was die Pflanze bedarf, um neue Bildung hervorzurufen, und was sie in Wirklichkeit aus ihrer Umgebung aufnimmt, also eine Kenntniß der Nahrungsmittel der Pflanze. Dabei findet sich denn auch bald, daß sie in zwei Beziehungen

Digitized by Google

bei weitem mehr aufnimmt, als sie verbrauchen kann, nämlich Wasser und organische Elementarstoffe, und daß sie also gezwungen ist, das Ueberflüssige auszuscheiden. Diese Ausscheidung geschieht theils in Form von Wasserdunst, theils in Form von Gasarten. Auch diese Ausscheidungen bedürfen einer genauen Betrachtung.

Bei weiterer Verfolgung aller dieser Betrachtungen endlich finden wir, daß wir fast nur in Bezug auf die Aufnahme der Nahrungsstoffe und die Ausscheidung des Ueberflüssigen zu gesicherten Ansichten kommen, daß uns aber gerade der Proceß der Umwandlung der aufgenommenen Bestandtheile der Pflanze noch fast ganz unbekannt ist. Daß wir uns daher hauptsächlich gleichsam auf die Schlußbilanz, auf die Abrechnung zwischen Ausgabe und Einnahme beschränken müssen. Gerade diese Abrechnung ist es nun aber auch vorzugsweise, welche uns für die praktischen Zwecke hauptsächlich wichtig wird, und so sind wir im Stande, vollständiger und sicherer für die Agricultur als für die theoretische Physiologie die Ernährung der Pflanze zu entwickeln.

Die ganze Ernährung der Pflanze, ihr ganzes Wachsen ist nun aber nicht nur abhängig von der Gegenwart des Nahrungsstoffes, sondern zugleich noch von einer Menge physikalischer Einflüsse, die nicht minder wichtig sind, als die Nahrungsstoffe selbst. Die Pflanze ist durch ihre Wurzel an den Boden gebunden, mit ihren oberen Theilen ragt sie in die Luft, Feuchtigkeit, Wärme, Licht u. s. w. üben ihren Einfluß auf die physikalischen und chemischen Vorgänge der Ernährung aus. Auch diese nothwendigen Bedingungen der Vegetation müssen wir zu erforschen suchen, wenn wir das Wachsen der Pflanzen begreifen, die Erscheinungen richtig beurtheilen, und besonders wenn wir, wie es beim Ackerbau geschieht, selbst befördernd in dieses Leben der Pflanze eingreifen wollen. Ganz besonders verderblich ist bei allen diesen Untersuchungen, sobald sie auf das praktische Leben angewendet werden sollen, die Einseitigkeit gewesen, indem man nur diese oder jene Seite, nur diesen oder jenen physikalischen oder chemischen Proceß hervorhob und die übrigen Verhältnisse vernachlässigte. In der Weise wie wir in den Wissenschaften, der Bequemlichkeit wegen, das Chemische vom Physikalischen, die Schwerkraft von der Haarröhrchenkraft, die Elektricität vom Magnetismus und so fort trennen, kommen diese Verhältnisse in der Natur niemals getrennt vor, hier wirken alle Kräfte zugleich und durch einander, sich gegenseitig fördernd oder hemmend und die einseitige Betrachtung einer herausgerissenen Erscheinung rächt sich stets durch den Nachtheil, den ein falscher Schluß, auf die Wirklichkeit angewendet, nothwendig nach sich zieht.

Alle diese hier nur im Zusammenhange und flüchtig angedeuteten Verhältnisse bedürfen nun einer ausführlichen Betrachtung im Einzelnen und

Digitized by

bestimmen uns die Vertheilung des Stoffes in folgende fünf Hauptgruppen: über die Saftbewegung, die Ernährung, die Assimilation, den Gestaltungsproceß und die äußeren Bedingungen der Vegetation.

A. Ueber die Saftbewegung in der Pflanze.

§. 53. Um über die Aufnahme der zur Ernährung der Pflanze bestimmten Flüssigkeiten und ihre Fortbewegung durch die Pflanze in's Klare zu kommen, müssen wir uns zunächst einige Fragen zu beantworten suchen, und zwar zuerst: »hat die Pflanze einen Mund, einen Magen, einen Darmcanal, mit einem Wort nach Außen geöffnete Behälter in ihrem Innern, in welche sie die Nahrungsstoffe, feste und flüssige, aufnehmen, verarbeiten und auflösen könnte, um das Aufgelöste dann weiter zu vertheilen?« — Wir beantworten diese Frage mit »nein.« Noch Niemand hat es versucht, etwas dem Aehnliches an der Pflanze nachzuweisen, und in der That liegt der Bau der Pflanze so offen vor uns da, daß wir mit Sicherheit die Abwesenheit einer solchen Vorrichtung behaupten dürfen. Daraus folgt unmittelbar, daß es für die Pflanze auch keine Verdauung giebt, daß sie vielmehr ihre Nahrung schon fertig zubereitet und im flüssigen Zustande vorfinden muß und daß diese Nahrungsflüssigkeit wenigstens gleich bei ihrem Eintritt nicht in offenen Canälen fortlaufen kann, sondern durch die Zellenwände selbst durchdringen muß. Aehnliches findet nun zwar auch im Thiere bei der Aufnahme vom Magen und Darmcanal aus Statt, aber später bewegt sich doch die aufgenommene Flüssigkeit in ununterbrochenen Canälen in den Adern fort. Wir werfen also die zweite Frage auf: »wie vertheilt sich die Flüssigkeit, giebt es hierzu ein eigenes Gefäßsystem in der Pflanze?« — Die Antwort lautet abermals »nein!« Bei den sorgfältigen lange fortgesetzten anatomischen Untersuchungen der Pflanzen kann uns kein bedeutendes System von Organen mehr verborgen geblieben sein. Die bei der Pflanzenuntersuchung noch statthabenden verschiedenen Ansichten der Forscher beziehen sich nur auf die feineren Structurverhältnisse, die hierbei nicht in Betracht kommen. Auf längere Strecken durch die Pflanze zusammenhängende Röhren oder Canäle finden wir aber nur in zwei Fällen, theils in den mit eigenen Wänden versehenen Zellenreihen, die man leider ohne Nachdenken »Gefäße« genannt hat (§. 17, 18.), theils in den mit keiner selbstständigen Wandung versehenen Zwischenzellengängen und Zwischenzellenräumen (§. 25.). Wenn wir aber Pflanzen frisch untersuchen, so finden wir in beiden Organen, in den Gefäßen, wie in den Zwischenzellengängen in allen Theilen der Pflanze und zu allen Jahreszeiten stets nur Luft, aber niemals eine Flüssigkeit.

Digitized by Google

Diese Räume können daher unmöglich zur Fortbewegung der Flüssigkeit bestimmt sein. So bleibt also nichts übrig, als anzuehmen, daß die Vertheilung des Saftes in der Pflanze ganz ebenso erfolgt, wie die Aufnahme desselben, nämlich, indem sie von Zelle zu Zelle die Wände derselben durchdringend fortschreitet. Bei diesen Vorgängen wird, abgesehen von den übrigen gleich zu erwähnenden Verhältnissen, die Flüssigkeit um so schneller durch die Zellen durchgehen, je zarter und dünner, also im Allgemeinen je jünger die Zellenwände sind. Es kommen hier aber noch andere Umstände in Betracht, und zwar zuerst die Frage: Was treibt denn die Flüssigkeit, in die Zellen einzutreten, die Zellen wieder zu durchdringen? Die Beantwortung dieser Frage führt uns auf die Betrachtung der Endosmose (Bd. I. §. 54.). Wenn aber zweitens, wie oben erwähnt, jede Zelle mit Saft erfüllt ist, so wirft sich die Frage von selbst auf, wie ist es möglich, daß noch neue Flüssigkeit eintreten könne, und wir finden die Antwort nur darin, daß gleichzeitig auf der einen Seite eben so viel Flüssigkeit aus der Zelle austritt, als auf der andern Seite einströmt. Dieser Tausch geht aber durch alle Zellen und so werden wir zuletzt zu den Zellen geführt, welche mit der Luft in Berührung stehen, hier entfernt sich die austretende Flüssigkeit nur in Form von Wasserdunst, und wir müssen also nothwendig die Lehre von der Ausdünstung der Pflanze mit der Lehre von der Saftbewegung verbinden.

a. Saftaufnahme. Endosmose.

Füllt man ein Glas zur Hälfte mit Wasser und trägt dann vorsichtig §. 54.
mit Hülfe eines Löffels einen leichten Rothwein auf die Oberfläche des Wassers, so bleiben beide Flüssigkeiten eine Zeitlang scheinbar unvermischt im Glase über einander geschichtet stehen. Sättigt man Rothwein vollständig mit Zucker, so kann man ihn auf den Boden des Glases gießen, darauf das Wasser und darauf erst den reinen Wein schichten, so daß man drei Lagen von Flüssigkeiten ungleich specifischer Gewichte erhält. Gießt man Oel auf Wasser, so schwimmt bekanntlich Ersteres auf dem Letzteren gerade wie im vorigen Beispiele Wein auf dem Wasser. Läßt man aber die Flüssigkeiten längere Zeit stehen, so zeigt sich eine wesentliche Verschiedenheit, denn selbst nach Jahren finden wir das Oel noch unvermischt auf dem Wasser schwimmen, während schon nach wenigen Stunden sich Wein und Wasser so vollständig mit einander vermischt haben, daß jeder Tropfen, den wir heraus nehmen, gleichmäßig aus Wein und Wasser gemischt ist. Aus diesem einfachen Versuche lassen sich einige sehr wichtige Folgerungen ableiten. Dem Gesetz der Schwerkraft zu Folge muß die specifisch schwerere Flüssigkeit ihre Stelle unter der specifisch leichteren behaup-

Digitized by Google

ten, wie das bei Oel und Wasser in der That der Fall ist. Bei Wasser und Wein ist der Erfolg aber ein anderer, hier steigt vielmehr das schwerere Wasser, dem Gesetz zuwider, durch den leichteren Wein in die Höhe oder in dem zweiten Beispiel erhebt sich der schwerere Zucker vom Boden des Glases durch das Wasser bis an die Oberfläche des Weines. Es muß hier also eine Kraft vorhanden sein, welche der Wirkung der Schwerkraft entgegenwirkt und sie überwindet. Diese Kraft kann keine andere sein, als die Anziehung beider Flüssigkeiten zu einander in dem Bestreben, sich zu vermischen. Diese Kraft hat offenbar Aehnlichkeit mit der chemischen Verwandtschaftskraft, und in der That hält es sogar schwer, eine scharfe Grenze zwischen Mischung und chemischer Verbindung zu ziehen. Einige setzen den Charakter der chemischen Verbindung zweier Stoffe darin, daß beide in einem gewissen quantitativen Verhältniß zu einander stehen müssen, Andere darin, daß der aus der Verbindung beider Substanzen hervorgehende Stoff andere physicalische Eigenschaften zeige, als aus einer einfachen Verbindung der Eigenschaften beider Stoffe hervorgehen würde, wenn z. B. das specifische Gewicht der Verbindung nicht das Mittel zwischen dem specifischen Gewichte beider einzelnen Stoffe ist (Bd. I. §. 52. 57.). Dieser Streit berührt uns hier weiter nicht. Genug, es giebt erfahrungsmäßig Stoffe, welche sich mit einander mischen, andere, welche es nicht thun. Die Mischung zweier Stoffe geschieht mit einer gewissen Kraft der gegenseitigen Anziehung, und wir wollen gleich hinzusetzen, diese Kraft der Anziehung ist bei verschiedenen Stoffen ungleich stark. Wir müssen aber für einen Augenblick diese Betrachtung verlassen und uns zu einer andern wenden.

Wenn von Auflösungen die Rede ist, denkt man gewöhnlich nur an zwei Stoffe, von denen der eine flüssig, der andere fest ist, welcher letztere, indem er sich im Anderen auflöst, ebenfalls flüssig wird. Dieser Begriff ist aber viel zu eng gefaßt und nennt nur ein Beispiel statt der ganzen Sache. Auflösung und Mischung (Bd. I. §. 54., 55.) sind in der That ganz dasselbe. Der Unterschied besteht nur darin, daß bei der Mischung zwei Flüssigkeiten, bei der Auflösung eine Flüssigkeit und ein fester Stoff zusammentreten. Beide stimmen darin überein, daß nach der Vereinigung der beiden Stoffe sie so mit einander verbunden sind, daß in jedem kleinsten denkbaren Theile beide Stoffe in demselben Verhältnisse sich befinden. Löst man z. B. 1 Loth Zucker in 6 Loth Wasser auf, so ist nachher in jedem auch noch so kleinen Tröpfchen das Verhältniß des Zuckers zum Wasser wie 1 : 6. Nun treten aber Nebenumstände ein, die für die Sache selbst ganz gleichgültig sind, und die man mit Unrecht als Hauptsachen anzusehen pflegt. Das erste dieser Nebenverhältnisse betrifft die Quantitäten der beiden Stoffe (Bd. I. §. 55.), die entweder für beide Stoffe ganz gleich-

Digitized by Google

gültig sind, wie bei Wasser und Gummi, oder für einen Stoff ganz bestimmt sind, wie z. B. Wasser nur 37% Kochsalz oder etwa 1/3% Gips auflöst. Das Zweite dieser Nebenverhältnisse aber betrifft den Erfolg, ob nämlich aus der Verbindung beider Stoffe eine Flüssigkeit hervorgeht oder nicht. So z. B. wird Zucker in Wasser aufgelöst eine Flüssigkeit, thierischer Schleim quillt aber im Wasser nur bedeutend auf, und der pflanzliche Zellstoff nimmt Wasser auf ohne aufzuquellen. Hier ist nun der gemeine Sprachgebrauch zu beschränkt, wenn er sagt: Wasser löst Zucker auf, denn das Umgekehrte ist eben so richtig: »der Zucker löst das Wasser auf« und ferner der thierische Schleim, der Zellstoff löst eine bestimmte Menge Wasser auf; der Zucker wird dabei flüssig, der Schleim halbflüssig, der Zellstoff bleibt fest oder verliert doch nur wenig seinen inneren Zusammenhang, seine Cohäsion. Im Zellstoffe, der Wasser oder eine andere Flüssigkeit auflöst, findet natürlich ebenfalls das eben angegebene Verhältniß Statt, daß in jedem kleinsten Theilchen das Verhältniß von Zellstoff und Wasser dasselbe bleibt. Zur Feststellung der Zahlen, d. h. zur Bestimmung des Sättigungspunktes (Bd. I. S. 86.) des Zellstoffes für Wasser und andere Flüssigkeiten fehlen leider noch alle Versuche. Als Beispiel erwähne ich nur Folgendes: Zellstoff, nach einer etwas verbesserten Mulder'schen Methode, aus Baumwolle dargestellt, wog bei 110° C. getrocknet = 6,423 Grammen. Nach 24stündigem Liegen in Wasser = 7,389 Grammen. 100 Theile Zellstoff nehmen also nur 15% Wasser auf, sie sind dann gesättigt und müßten erst einen Theil des aufgenommenen Wassers abgeben, ehe sie neues Wasser aufnehmen können. Da Aehnliches auch von manchen thierischen Stoffen gilt, so werde ich im Folgenden zur Verdeutlichung mich häufig auf thierische Blasen als Beispiel berufen können

Nun muß man sich erinnern, daß der Zellstoff in der Pflanze immer als eine Haut erscheint (als Zellenwand), deren beide Flächen mit sehr verschiedenen Stoffen in Berührung sein können. Die hier vorkommenden einzelnen Fälle müssen wir näher betrachten.

1. Ist die eine Seite der Haut mit Wasser, die andere mit Luft in Berührung, so löst natürlich die Haut von jener Seite so viel Wasser auf, als sie kann, die andere Seite wird dadurch aber natürlich feucht, und von ihrer Oberfläche verdunstet das Wasser wieder in die Luft. Ist dadurch ein Theil des Wassers aus der Haut entfernt, so nimmt sie von der ersten Seite das Verlorene wieder auf, und so geht es fort, so lange noch auf dieser Seite Wasser vorhanden ist, welches auf diese Weise durch die Haut durchgehen und auf der freien Fläche verdunsten könnte. Der ganze Vorgang ist leicht zu beobachten, wenn man eine mit Wasser gefüllte und fest zugebundene Kalbsblase in einem warmen Zimmer aufhängt, so

Digitized by Google

lange noch ein Tropfen Wasser in derselben vorhanden ist, bleibt die äußere Fläche der Blase feucht; sehr schnell aber entweicht auf die angegebene Weise alles Wasser aus ihr.

2. Wenn die Haut auf beiden Seiten mit Flüssigkeit in Berührung steht, so hängt der Erfolg

a) von der Natur der Flüssigkeiten ab.

Sind diese verschieden und einfach wäßrige Auflösungen, haben sie ferner das Bestreben, sich mit einander zu mischen, so wird diesem Bestreben im Ganzen durch die Haut kein Hinderniß in den Weg gelegt. Die dünnere Flüssigkeit wird aber leichter von der Haut aufgelöst, als die dichtere, folglich mischen sich die Flüssigkeiten vorzugsweise auf der Seite der dichteren Flüssigkeit, d. h. es tritt sehr viel von der dünnen Flüssigkeit auf die andere Seite, aber sehr wenig von der dichteren, denn die dichtere Flüssigkeit entzieht sehr schnell der Haut die aufgelöste dünne und diese wird eben so schnell von der anderen Seite her wieder in die Haut aufgenommen, während der entgegengesetzte Proceß nur sehr langsam vor sich geht. Der Vorgang ist leicht zu beobachten, wenn man eine Kalbsblase halb mit verdünntem Eiweiß gefüllt in's Wasser wirft; sie schwillt dann auf, bis sie platzt. Legt man umgekehrt eine ganz mit Wasser gefüllte Blase in verdünntes Eiweiß, so entleert sie sich und fällt zusammen. Dieser vereinzelte Fall ist von Dutrochet hervorgehoben und das Uebergehen der dünneren Flüssigkeit Endosmose, das der dichteren auf die andere Seite Exosmose genannt worden. Es ist klar, wie man in dem Bd. I. S. 85 angegebenen Endosmometer leicht einen Maaßstab hat für das Verhältniß der anziehenden Kräfte zweier sich mischenden Flüssigkeiten. Die anziehenden Kräfte von Gummi, Zucker und Eiweiß gegen Wasser verhalten sich danach wie 1 : 2,11 : 2,30, d. h. bei derselben dazwischen liegenden Haut und in derselben Zeit wird von Zucker 2,11 und von Eiweiß 2,30 mal so viel Wasser angezogen, als vom arabischen Gummi.

Sind dagegen die Flüssigkeiten gemischt, so hängt der Erfolg oft davon ab, mit welcher Substanz die Haut zuerst in Berührung kommt, doch fehlen hier noch fast alle belehrenden Untersuchungen.

b) Es hängt aber auch zweitens der Erfolg von der Natur der trennenden Haut ab. Leider sind uns auch hier nur die rohesten Verhältnisse bekannt. Wenn die Haut, die Alkohol und Wasser trennt, eine Thierblase ist, so geht fast nur Wasser zum Alkohol über, ist es dagegen ein dünnes Kautschukblättchen, so ist der Erfolg umgekehrt. Wenn man eine Blase mit Oel einreibt und dann mit einer Emulsion von Oel und Eiweiß halb gefüllt in eine ähnliche Emulsion taucht, so nimmt sie aus dieser nur Oel auf, reibt man sie dagegen vorher mit Eiweiß ein, so nimmt sie unter denselben Verhältnissen nur Eiweiß auf. Aus diesen beiden Thatsachen

Digitized by Google

geht wenigstens so viel hervor, daß durch die Natur der Haut der Erfolg bei der gegenseitigen Anziehung zweier Flüssigkeiten sehr modificirt werden kann.

Endlich ist hier noch kurz zu erwähnen, daß sich mit dem erwähnten Endosmometer auch annäherungsweise ein absolutes Maaß für die Kraft, mit der sich zwei Flüssigkeiten anziehen, finden läßt. Da die Flüssigkeit in der Röhre des Instrumentes steigt, so kann man die Höhe, bis zu welcher sie steigt, die ja einem bestimmten hydrostatischen Drucke entspricht, als das gesuchte Maaß ansehen. Ich erwähne hier nur das eine Beispiel, daß, nach Dutrochet, die Kraft der Anziehung zwischen Wasser und Eiweiß dem Drucke von $2\frac{1}{2}$ Atmosphären (Band I. §. 19. S. 26.) das Gleichgewicht hält.

§. 55.

Alles, was im vorigen Paragraphen erwähnt, können wir unmittelbar auf die Pflanze anwenden, wenn wir an die Stelle einer thierischen Blase eine Pflanzenzelle setzen. Berücksichtigen wir hier die Verhältnisse der Pflanzenzellen, so zeigt sich uns Folgendes. In den äußersten Spitzen der Wurzel sind immer die jüngsten also dünnwandigsten Zellen. Dieselben enthalten stets eine auffallend große Menge einer stickstoffhaltigen Substanz, welche, wenn nicht Eiweiß selbst, doch nach allen Eigenschaften derselben zu urtheilen, eine sehr nahe verwandte Proteinverbindung ist, also höchst wahrscheinlich die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Eiweißes im Allgemeinen theilt. Insbesondere dürfen wir ohne Bedenken für sie wie für alle Proteinverbindungen ein ebenso starkes Anziehungsvermögen zum Wasser wie beim Eiweiß voraussetzen. In dem die Wurzelenden umgebenden Mittel, sei es die Erde, sei es Wasser, ist eine Flüssigkeit vorhanden, welche nur durch die darin aufgelösten Substanzen, Kohlensäure, Sauerstoff und eine geringe Menge Salze von reinem Wasser verschieden ist. Das Verhältniß desselben zum Eiweiß wird durch solche Auflösungen nur wenig verändert. Der Erfolg muß daher unter diesen Umständen der sein, daß die Flüssigkeit des Bodens mit großer Kraft von den in den Wurzelzellen enthaltenen Stoffen eingesogen wird.

Hierbei sind noch drei Punkte hervorzuheben. Der erste betrifft das Verhältniß der aufzusaugenden Flüssigkeit außerhalb der Wurzelzellen. Diese Letzteren stehen nur bei Wasserpflanzen und bei ächten Sumpfpflanzen, d. h. solchen, die in einem mit Wasser völlig durchtränkten und gesättigten Boden wachsen, mit einer sich im gewöhnlichen Zustande befindenden tropfbaren Flüssigkeit in Berührung. Bei den in der Erde wurzelnden Pflanzen dagegen findet dies Verhältniß nur selten und ausnahmsweise kurz nach einem Regenguße Statt. Bei weitem die längste Zeit hindurch sind die Pflanzen auf die Feuchtigkeit angewiesen, welche von den Bodenbestandtheilen absorbirt und mit einer gewissen Kraft festgehalten ist.

Digitized by Google

Diese Kraft muß erst überwunden werden und die Ernährung der Pflanze steht hier also unter quantitativ sehr verschiedenen Verhältnissen. Es ergiebt sich daraus, daß Versuche mit Pflanzen, in tropfbaren Flüssigkeiten angestellt, nicht so unbedingt auf die normale Vegetation in feuchtem Erdreich angewendet werden dürfen. So z. B. nimmt eine Pflanze, im Wasser gezogen, ohne Zweifel in derselben Zeit mehr Flüssigkeit auf, als eine in der Erde wachsende u. s. w.

Der zweite Punkt betrifft das Verhältniß der in der Feuchtigkeit des Bodens enthaltenen Stoffe. Im Allgemeinen muß man allerdings voraussetzen, daß Alles, was tropfbarflüssig oder aufgelöst im Boden vorhanden ist, aufgenommen wird. Es kommt der Pflanze durchaus in keiner Weise ein Wahlvermögen zu, so daß sie aus dem ihr dargebotenen Stoffe das ihrer Natur Zusagende auswählen könne, vielmehr kann man jede Pflanze zwingen, fast alle Stoffe und namentlich auch alle Gifte aufzunehmen, wenn man sie ihr in passender Auflösung darbietet. Es ist damit aber noch keineswegs gesagt, daß eine Pflanze unbedingt alle Stoffe aufnimmt, denn die Aufnahme hängt ab von der anziehenden Kraft der in den Wurzelzellen vorhandenen Substanzen, und diesen kann für gewisse Stoffe die Anziehungskraft fehlen. Es mangelt uns zwar allerdings hierbei noch an allen und jeden brauchbaren Experimenten, aber die Möglichkeit läßt sich nicht in Abrede stellen, daß Pflanzen wegen der Natur der in ihren Wurzelzellen enthaltenen Flüssigkeiten 1) einzelne Stoffe gar nicht aufnehmen, wie das nach einigen Versuchen für Strontiansalze festzustehen scheint, und 2) daß die Pflanzen die in der Flüssigkeit des Bodens enthaltenen Stoffe in einem anderen Mischungsverhältnisse aufnehmen, als sie ihnen dargeboten werden.

Der dritte Punkt endlich betrifft die Kraft, mit welcher die Säfte in der Pflanze aufsteigen. Versuche darüber hat zuerst der Engländer Knight am Weinstock angestellt, deren Ergebnisse von Anderen später bestätigt wurden. Das Resultat derselben ist, daß der Saft in den Reben mit einer Kraft in die Höhe steigt, welche dem Drucke von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären das Gleichgewicht hält. Vergleichen wir dies mit den von Dutrochet erhaltenen Zahlen für die endosmotische Kraft (Seite 113.), so zeigt sich, daß letztere mehr als ausreichend erscheint, die Erfolge wirklich hervorzubringen, welche uns als Saftbewegung von der Wurzel bis zur Pflanze entgegentreten. Dabei darf man nicht vergessen, daß in der Pflanze eigentlich die Flüssigkeit nur von Zelle zu Zelle gehoben zu werden braucht, daß also der zu überwindende Druck einer über der einsaugenden Haut stehenden Flüssigkeitssäule nur äußerst klein ist.

Was so eben für die Wurzelspitzen erörtert ist, gilt auf dieselbe Weise auch für alle in der Entwickelung begriffene Pflanzentheile. Untersuchen

Digitized by Google

wir einen ganz jungen Keim, ein erst entstehendes Blatt, eine noch ganz junge Knospe u. s. w., so finden wir bei allen äußerst zartwandige Zellen, welche fast ausschließlich mit Proteinverbindungen erfüllt sind. Alle diese Theile stehen also zu der übrigen Pflanze und den in ihren Zellen enthaltenen Säften ganz in demselben Verhältniß wie die Wurzelzellen zu der Flüssigkeit des Bodens. Sie entziehen den Zellen der Pflanze mit Leichtigkeit die in ihnen enthaltenen sehr verdünnten Flüssigkeiten, und gewinnen auf diese Weise den Stoff für ihre weitere Entwickelung, für ihren Wachsthum. Dieses Verhältniß führt uns dann in unserer Untersuchung zu dem zweiten Abschnitt.

b. Fortbewegung des Saftes in der Pflanze. Gefäßbündel.

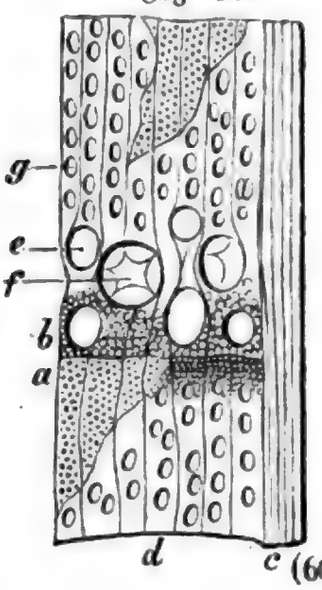
§. 56. Die von den Knospen und anderen sich bildenden Pflanzentheilen verbrauchte Flüssigkeit muß wieder von unten her ersetzt werden. Es vertheilt sich in Folge dessen die von den Wurzeln aufgenommene Flüssigkeit des Bodens durch die Pflanze nach allen den Punkten, wo sich neue Organe bilden, indem zu jedem derselben von der Wurzel aus eine Saftströmung durch die dazwischen liegenden Zellenreihen entsteht. Die den Knospen u. s. w. näher liegenden Zellen geben ihre Flüssigkeit an die Knospen ab und entziehen sie dafür wieder den zunächst unter ihnen gelegenen Zellen und so fort bis zur Wurzel, die den Verlust ihrerseits immer wieder aus dem Boden ersetzt. Auf die Zellen, durch welche Saftströme gehen, haben dieselben aber einen eigenthümlichen Einfluß. Indem dabei vorzugsweise die beiden entgegengesetzten Enden der Zelle, das obere und untere, mit stets frischer Nahrungsflüssigkeit in Berührung kommen, werden auch diese beiden Stellen der Zellenwand vorzugsweise ernährt, und so wird allmälig aus der anfänglich vielleicht runden Zelle eine langgestreckte und zuletzt ein fast fadenförmiger Schlauch. Diese Bündel langgestreckter Zellen sind es nun gerade, welche man zusammen *Gefäßbündel* nennt. Die Gefäßbündel sind daher erst die Folge von Saftströmen in bestimmter Richtung.

Es ist dies aber nicht die einzige Folge des raschen Durchströmens des Saftes. Es scheint vielmehr auch der ganze Lebensproceß der einzelnen Zellen dadurch so beschleunigt zu werden, daß sie bald unfähig werden für die Unterhaltung der dem Zellenleben eigenthümlichen chemisch physikalischen Processe. Die Zellen, welche den lebhaftesten Saftandrang auszuhalten haben, gehen äußerst schnell in einen Zustand über, den man als Tod bezeichnen kann. Sie erweitern sich bedeutend, — bilden sehr früh auffallend hervortretende Verdickungsschichten, — die in einer Reihe aneinander liegenden Zellen treten durch Auflösung der sie trennenden Wände

Digitized by Google

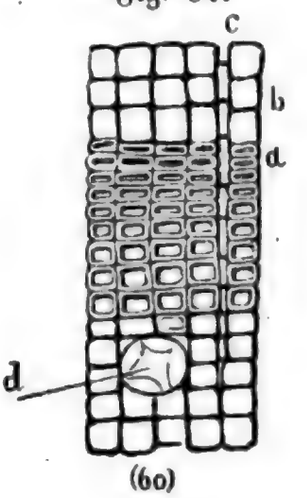
in Communication, — die Flüssigkeit entweicht aus ihnen und wird durch Luft ersetzt. Mit einem Wort, diese Zellen werden in die sogenannten Gefäße (§. 17. 18.) umgewandelt. Die anderen Zellen, durch welche der Saftstrom minder lebhaft geht, haben Zeit, sich mehr zu ernähren, ihre Wände verdicken sich bedeutend, aber endlich verlieren sie auch ihren Saft und nehmen Luft auf. So entstehen die langgestreckten Zellen der Gefäßbündel, die Holz- und Bastzellen (§. 16, 17, 18, 23.). Vergleichen wir die Bestandtheile eines Jahrringes unter einander (§. 23.), so finden wir auch, daß im Frühling, wo der Saftstrom am stärksten ist, vorzugsweise Gefäße (bei der Eiche Fig. 96, *ef*) und dünnwandige früh schon luftführende Holzzellen (bei der Kiefer Fig. 97, *b*), im Herbst bei verlang-

Fig. 96.



(60)

Fig. 97.



(60)

samtem Saftstrom nur wenig Gefäße, dagegen sehr stark verdickte Holzzellen (Fig. 96. *a* und Fig. 97. *a*) gebildet werden.

Aus dieser Erörterung folgt, daß Gefäßbündel einmal von unten nach oben durch die ganze Länge der Pflanze laufen müssen, und zweitens, daß zu jedem Blatte, jeder Knospe ein oder mehrere Gefäßbündel sich begeben müssen, wie sich das auch in der That bei allen Pflanzen zeigt. Für die verwickelte Vertheilung in einem Blatte, z. B. der Linde, ist uns allerdings eine solche Erklärung noch unmöglich, weil wir zu dem Ende erst den Lebensproceß in allen einzelnen Zellen des Blattes vollständig kennen müßten.

c. Austritt der Flüssigkeiten aus der Pflanze, Absonderungsschicht der Oberhaut, Intercellularsubstanz, Verdunstung.

§. 57. Mit Allem, was in den übrigen Paragraphen entwickelt wurde, sind wir aber noch keineswegs über die Saftbewegung für sich oder in so weit sie

Digitized by Google

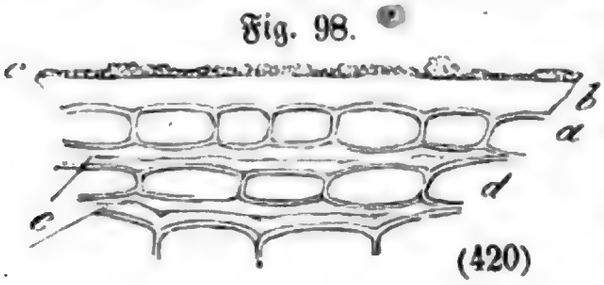
der Ernährung dienen soll, im Reinen. Denn 1) kann bei aller möglichen anziehenden Kraft der Proteinverbindungen in den Zellen doch keine Flüssigkeit eindringen, da die Zellen schon safterfüllt und ihre Wandungen nur äußerst wenig elastisch und daher nur sehr geringer Ausdehnung fähig sind. Es muß daher erst die vorhandene Flüssigkeit fortgeschafft werden, damit neue nachströmen kann. 2) Das sämmtliche Wasser, was eine Pflanze auf einmal aufzunehmen im Stande ist, enthält, wenn wir auch zugeben, daß es von den Stoffen, die im Boden vorhanden sind, vollständig gesättigt sei, doch von den eigentlichen Nahrungsstoffen der Pflanze so wenig, daß damit die Pflanze schlecht versorgt wäre, es muß also oftmals das Wasser mit Zurücklassung der in ihm enthaltenen Stoffe entfernt und immer wieder vom Boden aus durch andere Mengen ebenso gesättigten Wassers ersetzt werden, damit so der Pflanze nach und nach die nöthige Menge Nahrungsstoff zugeführt werde. Dieser zweite Punkt macht es nothwendig, daß die Flüssigkeit nicht tropfbar flüssig die Pflanzen verläßt, indem sonst die im Wasser gelösten Stoffe mit weggeführt werden würden. Das Wasser wird daher aus den Pflanzen durch Verdunstung entfernt. Dabei bleiben alle nicht flüchtigen Stoffe ohnehin zurück, und die aus dem Boden etwa aufgenommenen flüchtigen Stoffe entweichen ebenfalls mit, wenn sie nicht vorher in der Pflanze durch chemische Processe in nicht flüchtige Stoffe, z. B. Stärkemehl oder Zucker, umgewandelt sind. Diese Verdunstung des Wassers und der in demselben enthaltenen Stoffe geht nur an der Oberfläche derjenigen Zellen vor sich, welche mit der Luft in Berührung stehen und deren Wände nicht auf irgend eine Weise, z. B. durch einen Ueberzug von Wachs gegen das Durchdringen der Feuchtigkeit geschützt sind. Dieses findet nun Statt bei allen jungen sich bildenden Pflanzentheilen, bei jedem Blatt, jedem Stengel, so wie er aus der geschlossenen Knospe hervorkommt, wo die sämmtlichen Zellen der Oberhaut noch so dünnwandig sind, daß die Feuchtigkeit leicht hindurchtritt. Dies Verhältniß hört aber für die Oberhaut im Allgemeinen sehr bald auf, indem sich die Absonderungsschicht (§. 20.) allmälig ausbildet und bald, zumal durch den Wachs- oder Harzüberzug unterstützt, der Feuchtigkeit völlig den Durchgang versagt. So beschränkt sich nun die Ausscheidung des Wasserdunstes immer mehr und mehr auf die Theile der Zellenwände, welche nicht mit einer solchen Absonderungsschicht bedeckt sind, nämlich auf die Theile, welche an Zwischenzellengänge und Zwischenzellenräume angrenzen. Da diese Räume aber durch die ganze Pflanze wenigstens im Füllgewebe (§. 25.) in offener Verbindung stehen und zuletzt durch die Spaltöffnungen (§. 20.) mit der Atmosphäre communiciren, so können auf diese Weise fortwährend der Wasserdunst und die mit ihm verbundenen flüchtigen Stoffe (meistens Gasarten) aus dem Innern der Pflanze

Digitized by Google

entweichen, und so der neu eindringenden Flüssigkeit wieder Raum schaffen.

Hier ist nun der Ort, die Entstehung der Absonderungsschicht der Oberhaut und der Intercellularsubstanz näher auseinander zu setzen. Wenn man eine Kalbsblase, mit Zuckerwasser gefüllt, in warmer, trockener Luft aufhängt, so dringt die in der Blase enthaltene Flüssigkeit ganz wie sie ist durch die Haut hindurch; auf der äußeren Fläche kann aber nur das flüchtige Wasser verdunsten, der Zucker bleibt als nichtflüchtig zurück und bildet eine immer dichtere Lage, bis er zuletzt anfängt, auf der Oberfläche auszukrystallisiren. Aehnliches findet Statt, wenn man die Blase mit Gummilösung oder mit einer Auflösung von Wachs in Terpentinöl füllt. Füllt man reines Terpentinöl in eine Blase, so kommt dasselbe auf der äußeren Fläche in eine so innige Berührung mit dem atmosphärischen Sauerstoff, daß immer nur ein Theil verdunstet, ein anderer Theil aber in Harz umgewandelt als nicht flüchtig zurückbleibt. Wendet man dies auf die Zellen an, so ist damit die Bildung der Absonderungsschichten der Oberhaut sehr einfach erklärt, so lange die Zellen noch zart sind, tritt die Flüssigkeit unverändert auch hindurch. An der Oberfläche verdunstet aber nur das Wasser, und so lagert sich eine allmälig immer dicker werdende Schicht von den in dem Zellensaft gelöst gewesenen Substanzen auf der Außenfläche der Oberhautzellen ab. Diese Substanz wird aber gleichzeitig durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs chemisch verändert und in einen Stoff verwandelt, welcher den Durchgang der Flüssigkeit mehr und mehr erschwert. Dazu kommt endlich noch, daß Wachs und Harz auf die Oberfläche treten; obwohl die chemischen Vermittlungen hier noch nicht erforscht sind, so ist es doch wahrscheinlich, daß ätherische Oele die Lösungsmittel sind, und daß diese wie jene Stoffe als Desoxydationsproducte des Stärkemehls oder verwandter Stoffe in der Zelle auftreten. Auf diese Weise wächst die Absonderungsschicht z. B. beim Kohl (Fig. 98. *b*, *c*) oft zu einer beträchtlichen Dicke an, und wird bald für Wasser völlig undurchdringlich und unbenetzbar. Die Wachsablagerung ist bei allen sogenannten bereiften Pflanzentheilen (Fig 98. *c*) schon sehr auffallend; am stärksten bei einigen Strandpflanzen, z. B. bei der Strandgerste, dem Strandrohr u. s. w. Bei der erstern liegt das Wachs schon bei mäßiger Vergrößerung (4 bis 6mal) deutlich erkennbar in ziemlich großen silberglänzenden Schüppchen auf der Oberhaut. Untersucht man nun weiter das Keimen der Pflanzentheile im Frühjahr, so findet man,

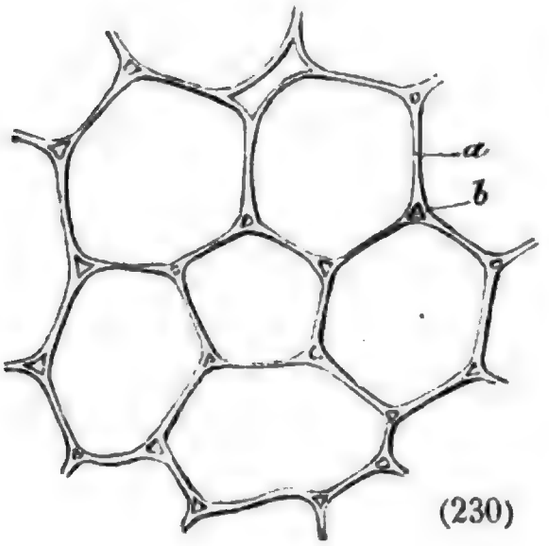
Fig. 98.



(420)

daß der Theil der Zellenwände, welcher die Zwischenzellengänge begrenzt (z. B. im Kohlstrunk Fig. 99. bei *b*) nicht dicker erscheint, als etwa die Hälfte der zwei Zellen trennenden Scheidewand (Fig. 99. *a*). Später wird dies aber anders. Je älter der Pflanzentheil wird, desto mehr verdicken sich die die Zwischenzellengänge begrenzenden Theile der Zellenwände, und desto enger werden die Gänge selbst. Bei den Zellen der Gefäßbündel und des Holzes werden sie sogar, noch ehe die Flüssigkeit in ihnen völlig verbraucht ist, völlig ausgefüllt, so daß diese Theile niemals eigentliche Zwischengänge erhalten. Die (Fig. 99.) gegebene Abbildung der Zellen eines Kohlstrunks stellt schon einen Zeitpunkt dar, in welchem die die Zwischenzellengänge begrenzenden Theile der Zellenwände schon bedeutend auf die angegebene Weise verdickt sind (*b*), so daß sie häufig schon dieselbe Dicke haben, als beide Zellenwände zusammengenommen, welche die Grenze zwischen zwei Zellen bilden (*a*). Noch auffallender tritt diese Zwischenzellensubstanz aber meistens nahe der Oberfläche der Pflanzentheile auf, so zieht sie sich gewöhnlich von der Oberhaut her in die Spaltöffnungen hinein und kleidet die Lücke unter denselben aus, wird hier aber immer feiner und verliert sich endlich in die Auskleidung der Zwischenzellengänge. Auch zwischen den dicht unter der Oberhaut liegenden Zellen ist diese Substanz gewöhnlich sehr bedeutend (Fig. 98. *c*). Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß das Absterben der einjährigen Pflanzentheile, z. B. der Blätter, wesentlich mit dadurch bedingt ist, daß durch diese immer mehr sich anhäufende Substanz allmälig die Fähigkeit der Organe, ihren Functionen zu genügen, namentlich die Möglichkeit der Ausdünstung und somit der Ernährung aufgehoben wird.

Fig. 99.



(230)

§. 58.

Die Ausdünstung hängt aber bei den Pflanzen nicht nur von der Natur der die Flüssigkeiten einschließenden Zellenwände ab, sondern auch als physikalischer Vorgang von den die Letzteren beherrschenden Bedingungen. Unter diesen sind besonders drei zu nennen: 1) Die Temperatur (Bd. I. §. 67.). Diese ist es hauptsächlich, welche die Stärke der Ausdünstung regulirt. Obwohl selbst bei den tiefsten Temperaturgraden das Eis an seiner Oberfläche, wenn auch langsam, in Wasserdunst übergeht, so wird doch durch erhöhte Temperatur die Verdunstung unendlich beschleunigt. Man braucht nur ein kleines flaches Porzellanschälchen mit

Digitized by Google

Wasser an die Luft zu stellen und ein anderes mit gleicher Wassermenge über Feuer zum Sieden zu bringen, um sich zu überzeugen, daß das Wasser im ersteren zwar auch sich vollständig mit der Zeit in Wasserdunst verwandelt, dasjenige im zweiten Schälchen aber schon in sehr kurzer Zeit völlig verflüchtigt ist. Je höher also die Temperatur der Luft, desto stärker ist die Verdunstung und desto größer das Bedürfniß und die Fähigkeit der Pflanze zur Aufnahme neuer Nahrung.

2) Der Luftdruck. Es ist eine bekannte Thatsache, daß Wasser bei um so niedriger Temperatur siedet, d. h. sich in Dampf verwandelt, je niedriger der Luftdruck ist (Bd. I. S. 116.) Dasselbe muß auch von den in der Pflanze enthaltenen Flüssigkeiten gelten, und jede Veränderung des Luftdruckes (des Barometerstandes) muß ihren Einfluß auf die Ausdünstung der Pflanzen geltend machen. Dabei ist nur zu bemerken, daß die niedrigsten Barometerstände bei uns auch mit der größten Feuchtigkeit der Luft zusammentreffen, und daß dadurch der Erfolg zum Theil wieder aufgehoben wird, denn die Größe der Verdunstung hängt endlich noch ab:

3) Von dem Feuchtigkeitsgrad der Luft. Ist die Atmosphäre, welche mit Wasser in Berührung steht, vollkommen von den Dünsten desselben gesättigt, so findet gar keine Verdunstung mehr Statt, je weniger Dünste die Luft dagegen enthält, desto lebhafter ist die Verdunstung, am stärksten in völlig trockner Luft. Hiermit in engster Verbindung steht der Einfluß, den Ruhe und Bewegung der Luft auf die Verdunstung ausüben; bei völlig ruhiger Luft sammeln sich nämlich die Wasserdünste in der unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehenden Luftschicht an, bis dieselbe völlig gesättigt ist, und hemmen dadurch die Verdunstung, indem sie sich verhältnißmäßig langsam in der übrigen Atmosphäre verbreiten. Eine bewegte Luft dagegen führt diese Wasserdünste fort und bringt beständig frische trockene Luft mit dem Wasser in Berührung. Ein einfacher Versuch, worin beide Bedingungen vereinigt sind, läßt sich leicht so anstellen: Man nimmt einen Glascylinder, an welchem eine den Inhalt genau angebende Scala angebracht ist, füllt ihn zum Theil mit Wasser und verschließt ihn dann mit einem durchbohrten Kork, durch welchen eine Glasröhre geht, die nach außen ganz fein ausgezogen, aber doch geöffnet ist, endlich überzieht man den Kork sorgfältig mit Firniß. Hierbei füllt sich der freie Raum über dem Wasser sehr schnell mit Wasserdampf, der nur äußerst langsam aus der feinen Röhre in die freie Luft entweicht. Ein solcher Apparat an ein Fenster nach Süden gestellt (1½ Zoll im Durchmesser haltend) hatte in einem Zeitraum von zwei Jahren keine merkliche Menge Wasser und wenigstens nicht ganz 0,1 Cubikcentimeter oder Gramme verloren.

Für die Pflanzen geht hieraus zunächst noch so viel hervor, daß im

Digitized by Google

Digitized by Google

Namen der Pflanzen u. s. w.	Verdunstung a) für 12 Tagesstunden.	Zeit der Beobachtung.	Beobachter.	Verdunstende Oberfläche. a) der Blätter.	Zahl der Pflanzen auf den Morgen zu 40,000 Q.-Fuß.	Verdunstung für den Morgen und für 120 Vegetationstage: a) durch die Pflanzen.	b) durch die Erde zwischen den Pflanzen*)	c) im Ganzen.
1) Sonnenblume .	1 Pfd. 8 Lth.	3. Juli — 8 Aug.	Hales	39 Q.-Fß.	10,000 St.	1,500000 Pfd.	374340 Pfund	1,874340 Pfund
2) Kohlkopf . . .	1 » 6 »	3. » — 3. »	»	19 »	10,000 »	1,424940 »	374340 »	1,799280 »
3) Wein	— » 11 »	28. » — 25. »	»	12' 92 Q."	5000 »	206250 »	374670 »	580920 »
4) Hopfen . . .	— » 8 »	15. » —	»	—	13,334 »	399920 »	357634 »	757557 »
	b) für 24 Stunden:			b) überhaupt:				
5) Hafer und Klee	—	12. Apr. — 19. Aug.	Schleiden	1 Q.-Fß.	—	—	—	1,642668 »
6) Rasen . . .	1 Pfd. 8 Lth.	Sommer	Schübler	1 Q.-Fß.	—	—	—	6,000000 »
7) Erde	— » 2½ »	August	Hales	1 »	—	—	—	nach Abzug des nächtlichen Thaues 375000 Pfund
8) Zwergbirnbaum. (70 Pfd. schwer)	18 » — »	August	»	—	1000 »	2,160000 Pfd.	5,231760 Pfd.	ohne Abzug des nächtlichen Thaues 7,391760 Pfund.

*) Für den von den Pflanzen selbst eingenommenen Bodenraum ist in jedem Falle ein verhältnißmäßiger Abzug von der Oberfläche der Erde angenommen.

[Anlage zu Seite 121.]

Digitized by Google

Sommer die Dürre bei starken (trockenen) Nordostwinden am schnellsten die Pflanzen erschöpft; bei weitem weniger dagegen bei den mit Wasserdunst fast vollständig gesättigten Südwestwinden.

§. 59. Wir haben gesehen, daß die Aufnahme von Flüssigkeit aus dem Boden, also die Ernährung bei der Pflanze ganz abhängig ist von der gleichzeitigen Verdunstung aus den der Luft ausgesetzten Pflanzentheilen. Daher gewinnt für die ganze Beurtheilung des Pflanzenlebens die Frage nach der Quantität der Verdunstung eine so durchgreifende Wichtigkeit. Gleichwohl besitzen wir über dieses allerfolgenreichste Verhältniß in der ganzen Pflanzenphysiologie noch durchaus keine genügenden Experimente. Jeder Bauer weiß, wie sehr das Gedeihen seiner Saaten von der Zuführung der Feuchtigkeit sowohl im Ganzen als zur bestimmten Lebensperiode der Pflanze abhängt, gleichwohl ist es nie einem Lehrer an landwirthschaftlichen Instituten eingefallen, zur Lösung der Frage nach dem Wasserbedarf der Culturpflanzen auch nur einen Finger zu rühren. Die wenigen höchst unvollständigen Versuche, die wir über diesen Gegenstand haben, verdanken wir fast allein dem Engländer Stephan Hales am Ende des 17ten Jahrhunderts. Dazu ist nur ein einziger ebenso unvollständiger Versuch von Schübler hinzugefügt. Bis wir bessere Beobachtungsreihen erhalten, müssen wir uns mit den unvollkommenen Angaben der nebenstehenden Tafel zu behelfen suchen.

Zunächst füge ich noch zu der Nr. 5 der vorstehenden Tabelle folgende nähere Erläuterungen hinzu. Hafer (durch ein zufälliges Versehen statt Gerste) und Klee wurden in einen hölzernen mit Zink überzogenen Kasten von 1 Q.-Fuß Oberfläche gesäet und der Kasten auf eine sehr genaue Brückenwaage gestellt, jeden Tag wurde die verdunstete Wassermenge durch den erlittenen Gewichtsverlust bestimmt und dieser Verlust durch Begießen ersetzt, wobei der Bodenraum in dem Zustande eines gewöhnlichen guten nicht ausgedörrten Landes erhalten wurde. Der Klee und Hafer entwickelte sich übrigens keineswegs üppig wegen der sehr unpassenden Localität, und der Wasserverbrauch durch die Pflanzen würde bei völlig gesunder Entwickelung bei weitem bedeutender ausgefallen sein. Von den Einzelheiten der Beobachtung führe ich hier noch folgende an:

Datum	Zahl der Tage	mittlere Temperatur	mittlerer Wasserverlust für 24 Stunden.
1) April 12 — 19	8	11,55°	55,00 Grammen
2) April 29 — Mai 8	9	12,52	59,50 »
3) Mai 8 — 11	3	17,43	102,66 »
4) Mai 27 — 29	2	14,0	95,00 »
5) Mai 29 — Juni 1	3	17,28	133,01 »
6) Juni 7 — 8	1	18,66	126,00 »

Digitized by

Datum	Zahl der Tage	mittlere Temperatur	mittlerer Wasserverlust für 24 Stunden.
7) Juni 12 — 14	2	21,40	227,50 Grammen
8) Juli 19 — 21	2	21,40	305,00 »
9) Aug. 10 — 14	4	18,00	190,5 »

Vergleicht man hier die Nr. 1, 2, 3 oder 4 und 5 oder 8 und 9, so zeigt sich in diesen Resultaten, daß die Menge des von den Pflanzen verdunsteten Wassers abhängig ist von der Temperatur, die Vergleichung von 3, 5, 9 oder von 7 und 8 zeigt, wie die Größe der Verdunstung mit der allmäligen Entwickelung der Pflanze und ihrer Blattfläche steigt, endlich die Vergleichungen von 5 und 6 zeigen den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Verdunstung, indem am 7ten und 8ten Juni nach sehr heftigen nächtlichen Regen die Luft auffallend mit Feuchtigkeit erfüllt war.

Aus den Angaben der Tabelle ergiebt sich nun:

1) Daß der Rasen 14mal so viel Wasser aushaucht, als eine gleichgroße Fläche Gartenerde;

2) daß ein ungefähres Verhältniß zwischen der Oberfläche der Blätter und der Menge des verbrauchten Wassers besteht, was noch bestätigt wird durch die von Hales gemachte Erfahrung, daß dieselben Pflanzen ihrer Blätter beraubt, fast gar kein Wasser ausdunsteten.

Aus einigen Versuchen endlich, die aber noch unvollständiger als die angeführten sind, scheint hervorzugehen, daß Pflanzen mit lederartigen Blättern weniger, als solche mit weichen Blättern aussaugen, noch weniger aber die Nadelhölzer unserer Gegenden.

Ich habe in der Tabelle sogleich den Wasserverbrauch für den Morgen Landes berechnet, wobei zu bemerken ist, daß derselbe in den ersten Beispielen bei weitem zu gering ausfällt, weil der Raum zwischen den Pflanzen nur als gewöhnliche trockene Gartenerde, wie sie von Hales im 6ten Beispiele benutzt wurde, in Anschlag gebracht worden ist. Er würde aber zum Theil wenigstens als Rasen zu veranschlagen sein, und demnach würden die Zahlen, besonders beim Wein und Hopfen, bedeutend größer werden. Man kann wohl mit völliger Sicherheit annehmen, daß die Ausdunstung bei einem Klee-, Erbsen-, Futterwicken-, Roggenfelde eher größer als kleiner ist, wie beim Rasen. In noch größerem Maaßstabe wird sich sicherlich die Verdunstung bei Laubholzbeständen darstellen. Somit darf man voraussetzen, daß alle mit Vegetation bedeckten Flächen durchschnittlich sicher nicht weniger als 3 Millionen Pfund Wasser für den Morgen bedürfen, und vergleichen wir mit diesem Bedarf das als Regen, Thau u. s. w. fallende Wasser, so entsteht bei einigem Nachdenken bald die Frage, woher die Pflanze denn diese ungeheuren Mengen von

Digitized by Google

Waſſer erhält, eine Frage, die weiter unten bei der ſpeciellen Betrachtung der Nahrungsmittel (§. 70, 1) zu beantworten ſein wird.

d. Aeltere Anſichten.

§. 60. Wie faſt über der ganzen Pflanzenphyſiologie, ſo hat auch über der Lehre von der Saftbewegung bis in die neueſten Zeiten ein trauriges Verhängniß gewaltet. Die durchaus verfehlte Anſicht, daß das Leben der Pflanzen nach Analogie des thieriſchen Lebens ſich behandeln laſſe und behandelt werden müſſe, hat allen Forſchern ſo ſehr den Kopf verdreht, daß ſie die kühnſten Romane für baare Münze verkauften und von Vorurtheilen geblendet, am hellen Tage das Licht nicht ſehen konnten. Von Allem, was man bis vor wenigen Jahren in der Pflanzenphyſiologie und noch jetzt in den Büchern über landwirthſchaftliche Botanik u. ſ. w. findet, iſt Nichts begründet, und das Allermeiſte entſchieden falſch.

Der Roman, den man bisher erzählte, lautet folgendermaßen: Die Wurzel nimmt aus dem Boden den rohen Nahrungsſaft auf, die Gefäße des Stengels führen denſelben den Blättern zu, in den Blättern wird derſelbe durch Zerſetzung der Kohlenſäure und Ausſcheidung des Sauerſtoffs aſſimilirt, dieſer aſſimilirte Nahrungsſaft ſteigt dann in der Rinde wieder abwärts, dient zur Entwickelung der neuen Theile und endlich in der Wurzel angekommen zur Verlängerung derſelben. In dieſem Phantaſieſtücke iſt Alles erträumt, denn von Verſuchen, Beobachtungen, die das Angeführte beweiſen könnten, iſt nicht die Rede. Aber das Meiſte iſt auch geradezu falſch, denn es widerſpricht den bekannteſten Erfahrungen. Die Gefäße des Stengels führen zu allen Jahreszeiten nur Luft, im ganzen Stengel findet ſich kein roher Nahrungsſaft, d. h. keine Flüſſigkeit, die in dieſer ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung aus dem Boden könnte aufgenommen ſein, alle Säfte des Stengels *ſind* bereits aſſimilirt, d h. enthalten Beſtandtheile, welche ſchon durch chemiſche Umwandlung aus den im Boden enthaltenen Stoffen hervorgegangen ſind. Giebt es aber keinen rohen Nahrungsſaft im Stengel, ſo können die Blätter auch keinen aſſimiliren, auch ſind die Blätter wohl die vorzüglichſten Organe für die Ausſcheidung des Sauerſtoffs (eigentlich nur als jüngſte, noch grüne Theile), aber nichts macht es auch nur wahrſcheinlich, daß in ihnen ausſchließlich oder doch vorzugsweiſe die Kohlenſäure zur Pflanzennahrung verwendet würde, ja es iſt, vom chemiſchen und phyſiologiſchen Standpunkte aus betrachtet, ſogar entſchieden unwahrſcheinlich, daß die Kohlenſäure überhaupt zerſetzt werde, viel wahrſcheinlicher wird das Waſſer zerſetzt und davon der Sauerſtoff ausgeſchieden; wird nun in den Blättern nichts aſſimilirt, ſo kann auch von den Blättern kein aſſimilirter Nahrungsſaft abwärts ſteigen, um zur Bildung neuer Theile verwendet zu werden.

Digitized by Google

Das ganze Gerede wird auch schon einfach durch einen im Frühjahre sich belaubenden Baum widerlegt. Um diese Zeit, wo der Baum noch keine angeblich assimilirende Blätter hat, wird die allerbedeutendste Menge Nahrungsstoffes, theils zur Bildung des neuen Holzes, theils zur Bildung der zahlreichen Blätter selbst verbraucht, während grade dann, wenn die Blätter des Baumes in vollster Kraft und Thätigkeit stehen, nur wenig neues Holz und gar keine neuen Blätter entstehen.

Ich halte es nicht für der Mühe werth, mich bei diesen veralteten und leicht zu widerlegenden Ansichten länger aufzuhalten und gehe lieber zu den folgenden interessanten Untersuchungen über.

B. Ernährung der Pflanze.

§. 61. Wenn wir von der Ernährung der Pflanze sprechen, entsteht nothwendig die erste Frage: welche Stoffe bedarf die Pflanze zu ihrer Ernährung? Die Antwort darauf finden wir am leichtesten, wenn wir die fertige Pflanze auf ihre chemischen Bestandtheile untersuchen. Wenn wir eine Pflanze verbrennen, finden wir bald, daß ein Theil derselben ganz zerstört wird und in Luftform entweicht, ein anderer Theil aber als Asche unverbrennlich zurückbleibt. Die durch Verbrennen zerstörbaren Theile nennen wir kurz die organische Substanz der Pflanzen, die Asche die unorganische Substanz derselben. Eine weitere chemische Untersuchung zeigt uns dann, daß alle organischen Substanzen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, in einigen Fällen noch mit etwas Schwefel und Phosphor verbunden, zusammengesetzt sind, und wir bezeichnen daher besonders die ersten vier Stoffe als *organische Elemente*. Die Asche der Pflanze besteht aus einer größeren Reihe von Elementen, die wir dann *unorganische* nennen. Bei der Lehre von der Ernährung der Pflanzen handelt es sich also darum, nachzuweisen, woher, wie und wodurch die Pflanze die organischen und die unorganischen Elemente aufnimmt. Diese Fragen bestimmen uns nun den Inhalt des Folgenden, indem wir zuerst die organischen, dann die unorganischen Elemente näher in's Auge fassen, bei beiden untersuchen, woher, in welcher Form, d. h. in welchen chemischen Verbindungen und in welchen Mengen die Pflanzen dieselben aufnehmen, und sodann noch in einem besonderen Abschnitt untersuchen, durch welche Organe die Pflanze diese Nahrungsstoffe einnimmt.

a. Die organischen Elemente.

§. 62. Um einen richtigen Standpunkt für die Beurtheilung der so durchgreifend wichtigen Frage über die Ernährung der Pflanze zu erlangen, müssen wir von einigen allgemeinen Betrachtungen ausgehen.

Digitized by Google

Wenn wir die ganze Erdoberfläche überblicken, finden wir ſie überall mit Vegetation bedeckt, bald mit rieſigen Urwäldern, bald mit weiten Flächen niedriger, aber dichter Kräuter, bald mit einem weichen Moosteppich oder mit buntgefärbtem Flechtenüberzug. Hiervon machen nur einige wenige Localitäten, in denen es abſolut an Feuchtigkeit fehlt, nämlich einige waſſerleere Sandwüſten in den heißen Gegenden, eine Ausnahme. Ueberall, wo dieſe Vegetation ſich ſelbſt überlaſſen bleibt, wächſt ſie zu einer wilden Ueppigkeit heran und häuft eine immer größere Maſſe vegetabiliſcher Ueberreſte oder Humusſubſtanzen zuſammen. Eben dem Meere entſtiegene Felſeninſeln, welche von vulkaniſchem Feuer emporgehoben ſind, auf denen keine Spur von Dammerde zu finden war, überziehen ſich ſchnell mit Flechten, Mooſen, Kräutern, und ſo entſteht in Kurzem auf nacktem unfruchtbaren Fels eine freundliche Vegetation. Es muß alſo überall, wo Waſſer vorhanden iſt, auch die Ernährung der Pflanzen möglich ſein, es müſſen die wichtigſten Nahrungsmittel der Pflanze ganz allgemein auf der Erde verbreitet ſich vorfinden. Als allgemeines und natürliches Nahrungsmittel der Pflanzen dürfen wir keinen Stoff anſehen, welcher ſich nur an einigen wenigen Orten vorfindet. Die Elemente, aus welchen die organiſchen Stoffe der Pflanze beſtehen, ſind nun Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Sauerſtoff und Stickſtoff, und wir müſſen unterſuchen, ob und in welcher Form dieſe Elemente überall auf Erden ſich vorfinden.

Da eine Pflanze nicht leben kann, wenn ſie nicht eine genügende Menge Waſſer vorfindet, da eine Pflanze vom Waſſer ein ſo großes Uebermaaß aufnimmt, daß ſie noch eine große Menge deſſelben wieder aushauchen muß, ſo brauchen wir uns nicht eben ängſtlich mit der Frage zu beſchäftigen, woher die Pflanze ihren Sauerſtoff und Waſſerſtoff nimmt; beide Elemente ſind im Waſſer und in genügender Menge vorhanden. Die ganze Frage nach der Ernährung der Pflanze dreht ſich alſo eigentlich nur um die Aufnahme des Kohlenſtoffs und Stickſtoffs. Gehen wir nun die verſchiedenen kohlenſtoffhaltigen Subſtanzen an der Erde durch, ſo finden wir leicht, daß nur eine einzige Verbindung des Kohlenſtoffs exiſtirt, welche die oben erwähnte ganz unerläßliche Bedingung eines vegetabiliſchen Nahrungsmittels erfüllt, nämlich die Bedingung, daß die Subſtanz überall auf der Erde gleichmäßig vorhanden ſein müſſe. Dieſe Verbindung iſt nun die Kohlenſäure, welche einen, wenn auch in der Quantität ſchwankenden, doch niemals fehlenden Beſtandtheil unſerer Atmoſphäre ausmacht und begierig vom Waſſer aufgenommen wird (vergl. Bd. I. S. 202.), daher auch leicht mit demſelben in die Pflanze gelangen kann. In Betreff des Kohlenſtoffs müſſen wir alſo die Kohlenſäure als das eigentliche Nahrungsmittel der Pflanze anſehen, jede andere Annahme ſchließt eine Unmöglichkeit in ſich und verdient daher eigentlich,

Digitized by Google

wenn sie auch von der besten Autorität unterstützt würde, gar keine Widerlegung. Ueberall, wo Wasser ist auf Erden, ist Vegetation, überall auf Erden müssen also auch die Nahrungsmittel der Pflanze vorhanden sein. Kohlensäure ist die einzige überall vorhandene Substanz, welche Kohlenstoff enthält, also ist auch Kohlensäure die einzige allgemeine Quelle des Kohlenstoffs in den Pflanzen. Dieser Ansicht der Wissenschaft, die nicht erst gestern sich gebildet hat, sondern so alt ist, wie unsere Kenntniß des Sauerstoffs, der Kohlensäure u. s. w., steht nun ein altes schlendriansmäßig beibehaltenes, ganz unbegründetes Vorurtheil entgegen, welches behauptet, die Pflanzen nehmen ihren Kohlenstoff mit den auflöslichen Humusbestandtheilen auf. Diese Ansicht fällt als unbegründet und als eine unmögliche schon von selbst weg, aber sie läßt sich auch bei einiger Kenntniß der Natur, welche ihren Vertheidigern leider abgeht, leicht widerlegen; ich will aber die genauere Erörterung dieser Angelegenheit auf das dritte Buch, auf die Lehre von der Cultur der Pflanzen versparen.

Ich wende mich jetzt zur Frage, woher die Pflanzen ihren Stickstoff erhalten? Es liegt hier am nächsten, an den Stickstoff der Atmosphäre zu denken, der ja überall den Pflanzen zu Gebote stehen würde. Diesem Gedanken stellen sich aber gleich gar manche Bedenken entgegen. Das Wichtigste von allen liegt in der chemischen Natur des Stickstoffes (vergl. Bd. I. §. 134.) Derselbe hat eine so geringe Verwandtschaft zu allen anderen Stoffen, fast mit alleiniger Ausnahme des Wasserstoffes, daß er sich freiwillig gar nicht mit ihnen verbindet, und z. B. nur durch die stärksten elektrischen Funken dazu gebracht werden kann, mit dem Sauerstoff zu Salpetersäure zu verbrennen, ja er wird sogar nur in äußerst geringen Mengen vom Wasser absorbirt. So scheint einerseits sein Eintritt in die Pflanze erschwert, andererseits ist nicht abzusehen, wie er mit den übrigen Stoffen zur Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile zusammentreten sollte. Sehen wir uns nun nach einer anderen stickstoffhaltigen Verbindung um, welche diese angeführten Nachtheile nicht hat und der ersten Anforderung, allgemein verbreitet zu sein, gleichwohl entspricht, so treffen wir auf das Ammoniak, eine Verbindung, welche sich stets in der Atmosphäre vorfinden muß, welche von jeder Erdart, selbst vom dürrsten Sande, begierig absorbirt wird und so große Verwandtschaft zum Wasser hat, daß man bis jetzt wohl noch kein ammoniakfreies Wasser entdeckt hat, vielleicht einige Quellen unmittelbar nach ihrem Hervortreten aus dem Gesteine abgerechnet. Endlich ist Ammoniak eine Substanz, welche sowohl für sich als in ihren Salzen außerordentlich leicht sich zersetzt und in andere Verbindungen übergeht (vergl. Bd. I. §. 144—147). Wir dürfen uns durch diese Gründe bestimmen lassen, das Ammoniak und die Ammoniaksalze, welche sich in Luft, Wasser und Erde überall vor-

Digitized by

finden, als die eigentliche Quelle des Stickſtoffgehalts der Pflanzen, dem Stickſtoff der Atmoſphäre vorzuziehen. Von anderen, als von dieſen beiden Stoffen kann aber bei der Ernährung der Pflanzen nicht die Rede ſein, da es keine andere ſtickſtoffhaltige Subſtanz in der Natur giebt, welche gasartig oder in Waſſer auflöslich wäre und dabei einen irgend in Betracht kommenden Verbreitungsbezirk hätte.

Als Reſultat unſerer Betrachtung erhielten wir alſo den Satz: *die allgemeinen und eigentlichen Nahrungsſtoffe, aus welchen die Pflanzen ihre organiſchen Beſtandtheile bereiten, ſind: Waſſer, Kohlenſäure und Ammoniak.* Wollten wir die äußerſte Möglichkeit zugeben, ſo könnten wir noch den Stickſtoff der Atmoſphäre nennen, aber von allen anderen Stoffen, ſie mögen Namen haben, welchen ſie wollen, kann bei der Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen nicht die Rede ſein, weil ſie nicht überall da vorhanden ſind, wo Pflanzen leben und ſich üppig entwickeln.

b. Die unorganiſchen Elemente.

§. 63. Es ſind verhältnißmäßig nur wenige Elemente, welche ſich als Aſchenbeſtandtheile in allen Pflanzen und zwar ſo beſtimmt vorfinden, daß wir dieſelben als nothwendige Nahrungsmittel der Pflanze anſehen können. Vorzugsweiſe müſſen wir hier auf Kalk, Talk und Kieſelerde, auf Phosphorſäure und Alkalien, endlich auf Schwefelſäure und Chlor Rückſicht nehmen, wozu vielleicht als ganz unweſentliche Beſtandtheile Eiſen und einige andere Stoffe kommen. Jene Hauptbeſtandtheile *finden* ſich in allen Pflanzen ohne Ausnahme aber in verſchiedenen Mengenverhältniſſen und beſonders auf ſehr verſchiedene Weiſe in den Pflanzen vertheilt. Da alle die Elemente aller dieſer Subſtanzen in der Natur, ganz unerhebliche Ausnahmen abgerechnet, nicht frei vorkommen, ſondern in Form von Salzen, da dieſe Salze nicht flüchtig ſind, alſo nicht Beſtandtheile der Atmoſphäre, ſondern nur des Bodens ausmachen können, ſo müſſen auch die Pflanzen in ihrer Ernährung an ganz beſtimmte Beſchaffenheiten des Bodens gebunden und von dieſen abhängig ſein. Wo die der Pflanze nöthigen unorganiſchen Elemente nicht in Form auflöslicher Salze oder gar nicht vorhanden ſind, wo ſie ſich in einem Mengenverhältniſſe vorfinden, welches dem von der Pflanze geforderten nicht entſpricht, da muß die Pflanze, da ihr bei Aufnahme ihrer Nahrung keine Wahlfähigkeit zukommt (vergl. §. 54.), entweder gar nicht fortkommen, oder doch von ihrer geſetzmäßigen Entwickelung mehr oder weniger abweichen. Hierauf allein beruht die verſchiedene Vertheilung der Pflanzen auf der Erde, vielleicht ſogar ihre urſprüngliche Verſchiedenheit ſelbſt. Unterſuchen wir aber die Felsarten, welche den Boden bilden, ſo finden wir in den meiſten alle

Digitized by

jene wesentlichen Elemente vereinigt, nur in ihren Verhältnissen verschieden vertheilt. Es giebt daher auch nur äußerst wenig Bodenarten, welche jede Vegetation überhaupt unmöglich machen, wenn auch schon dieses Verhältnisses wegen nicht jede Pflanze auf jedem Boden überhaupt oder doch gleich gut gedeihen kann. Während die wesentlichen organischen Stoffe in allen Pflanzen die gleichen sind, finden wir in den unorganischen Stoffen zum mindesten in ihren Mengenverhältnissen eine wesentliche Verschiedenheit unter den Pflanzen unverkennbar ausgesprochen. Bei der Allgegenwart von Kohlensäure und Ammoniak ist daher das Wachsthum der Pflanze in Bezug auf die organischen Bestandtheile nur von der Gegenwart des Wassers abhängig, in Bezug auf die ebenfalls wesentlichen unorganischen Bestandtheile, aber noch von der verschiedenen Vertheilungsweise derselben im Boden. Es kann nun keinem Zweifel unterliegen, daß die Quelle jener unorganischen Elemente die Felsarten, welche die feste Rinde unserer Erde bilden, und die Verwitterungsproducte derselben sind und dadurch gewinnt der chemische Theil der Mineralogie und die Geognosie auch eine so wichtige Stellung als Grundlage für die Landwirthschaft und alle Disciplinen, welche sich mit der Cultur der Pflanzen beschäftigen. Wir können in diesem Paragraphen diese Sache nur im Allgemeinen besprechen, da es hier nur auf die allgemeine Grundlage der Ernährung der Pflanzen ankommt, und verweisen dabei besonders auf den fünften Abschnitt des ersten Bandes und die §. 94. und 95. des zweiten Bandes dieses Werkes. Wir heben hier nur wenige Punkte ausdrücklich hervor: 1) Die unorganischen Elemente müssen in Form auflöslicher Salze im Boden vorhanden sein, denn die Pflanze kann nichts Festes aufnehmen. 2) Sie müssen für jede Pflanze in einer für dieselbe passenden Mischung sich vorfinden, denn die Pflanze hat kein Wahlvermögen.

Hiervon scheint hauptsächlich die Talkerde eine Ausnahme zu machen, die sehr häufig in den Pflanzen in einem ganz anderen Mengenverhältniß vorkommt, als sie im Boden sich findet. 3) Vorzüglich wichtig wird es aber besonders auch für den Landwirth, die Quantitäten der unorganischen Bestandtheile kennen zu lernen, welcher die Pflanzen bedürfen. Zu dem Ende gebe ich zuerst in der folgenden Tabelle eine Uebersicht aller Bestimmungen des Aschengehaltes, welche ich habe auffinden können.

Tabelle I.

100 Theile enthalten Asche:

Haferstroh	5,10	6,14 im Mittel
»	7,18	
Gerstenstroh	5,86	
Roggenstroh	2,88	3,29 » »
»	3,70	

100 Theile enthalten Asche:

Weizenstroh	3,78	5,39	»	»
»	7,00			
Weizenstroh (brandig)	3,22			
Maisstroh	2,30	4,54	»	»
»	4,82			
»	6,50			
Hirsenstroh	8,32			
Haferhülsen	6,03	6,51	»	»
»	6,99			
Englisch Raygraß	8,66	10,06	»	»
» »	11,46			
Eriophorum vaginatum	3,16			
Carex caespitosa	7,50			
Haferkörner	1,81	2,01		
»	2,22			
Gerste	2,37	2,54	»	»
»	2,71			
Roggen	2,40	2,41	»	»
»	2,42			
Weizen	1,90	2,98	2,31 im Mittel	
»	2,40			
»	2,62			
»	5,01			
Weizen (brandig)	2,80			
Hirse	3,88			
Hafer mit den Hülsen	4,00			

Tabelle II.

A. Hölzer.

	Aschen %
Lärche	0,32
Tanne	0,33
Tanne	0,83
Birke	1,00
Eiche	2,50
Buche	0,32
Wallnuß	1,57
Linde	5,00
Reben	2,25
»	2,52
Reben	2,69
»	2,83
»	3,69
Apfelbaum	1,29
Vogelkirsche	0,28

B. Rinden.

Tannen	1,78
Eichen	6,00
Buchen	6,62
Vogelkirschen	10,37

Digitized by Google

C. Stengel krautartiger Pflanzen ohne Blüthen und Früchte.

	Aschen %
Hopfenstengel	3,74
Hanfstengel	3,74
Hanfstengel	4,54
Buchweizenstroh	4,13
Rapsstroh	4,57
Leindötterstengel	6,05
Leinpflanzen	3,67
»	4,54
»	5,00
»	5,43
»	5,57
Bohnenstroh	3,47
Erbsenstroh	5,04
»	9,55
»	11,30
Wickenstroh	5,10
»	6,89
Wickenstengel	12,10
Linsenstroh	5,38
Kartoffelkraut	15,00
»	19,80

D. Ganze Pflanzen.

Vogelknöterich	3,82
Wegerich (schmalblättr.)	7,50
» (breitblättr.)	8,26
Schöllkraut	6,85
Kornrade	13,20
Wiesenpimpinelle	5,00
Schotenklee (gekörnter)	6,40
» (Sumpf-)	2,00
Hufeisenklee	3,93
Wiesenplatterbse	4,68
Hopfenklee	5,79
Vogelklaue	7,50
Haidekraut	1,95
Steinpimpinelle	5,38
Kümmel	8,75
Bärenklau	10,71
Schierling	12,80
Maasliebchen	4,50
Kornblumen	7,32
Aechte Kamille	8,51
» »	9,61
Feld-Kamille	9,66

E. Blätter.

Tannennadeln	2,31
Fichtennadeln	6,25
Pappeln	23,00
Rothbuchen	6,00
Eichen	9,80
Weißbuchen	10,51
Ulmen	16,33
Hanf	22,00
Hopfen	13,60
Spinat	19,76
Runkeln	21,50
Ahorn	28,05
Eschen	14,76
Acacien	18,20
Klee	7,70
Turnips	9,39
Tabak	19,80
»	22,20
»	23,00

F. Wurzeln und Knollen.

Runkeln	3,48
»	5,05
»	5,51
Runkeln	6,20
»	6,30
»	14,16
Steckrüben	7,60
Klee	12,60
Kartoffeln (gesund)	3,90

Digitized by Google

	Aschen %
Kartoffeln (gesund)	4,00
» »	4,70
» (krank).	5,80
Krapp	8,25
»	8,42
Topinambours .	5,90
» .	6,00

G. Samen.

Fichten . . .	4,47
Kiefern . . .	4,98
Hanf	5,60
Weißer Senf . .	4,14
Schwarzer Senf	4,31
Leindötter . . .	4,10
Lein	4,63
Trauben . . .	2,76
Buchweizen . .	2,12
Linsen . . .	2,06
Erbsen	3,00
»	3,10
Weiße Bohnen .	3,00
» .	3,29
Wicken	3,40
Schminkbohnen .	3,50
Saubohnen . .	4,00

H. Einige andere Pflanzentheile.

Wickenhülsen . .	10,80
Leindötterkapseln .	4,13
Traubenschalen .	3,74

Zum Verständniß dieser Tabellen füge ich noch Folgendes hinzu. Die Ordnung betreffend habe ich es für zweckmäßig gehalten, die monocotyledonen Pflanzen von den dicotyledonen und dann so viel wie möglich die einzelnen Pflanzentheile von einander zu trennen, die gleichnamigen Pflanzentheile endlich habe ich nach den Familien, die Samen auch noch nach ihrem Hauptgehalt an näheren Bestandtheilen zusammengestellt. Den Werth dieser Angaben darf man aber nicht gar zu hoch anschlagen, wie das wohl in neuerer Zeit geschehen ist, denn es giebt leider gar zu wenig Chemiker, die physiologische Begriffe genug haben, um zu wissen, was ihre Analysen beweisen können und beweisen sollen. Die großen Fehlerquellen bei Aschenbestimmungen und Aschenanalysen sind schon Bd. II. §. 94. zur Genüge erörtert, ich erinnere nur daran, daß alle diese Fehlerquellen der Art sind, daß die Fehler bei verschiedenen Versuchen nothwendig sehr verschieden ausfallen müssen, und daß wir zur Zeit noch gar keine Mittel haben, diese Fehler zu controliren; daher haben alle Angaben nur einen annähernden Werth, und diejenigen, welche von verschiedenen Untersuchungen herrühren, lassen sich nur sehr annähernd als gleichartig zusammenstellen. Einzelne noch so genaue Analysen helfen uns deshalb zur Zeit noch gar nichts, und verdient um die Pflanzenphysiologie und dadurch um die Landwirthschaft macht sich nur der, welcher große Reihen von Untersuchungen macht, die, wenn auch weniger genau, weniger in's Einzelne gehend, doch alle nach einer und derselben Methode und unter gleichen äußern Umständen angestellt sind, bei denen also die Fehler überall gleich

Digitized by

groß sind, so daß die aus der Vergleichung derselben sich ergebenden Resultate stets ihre völlige Richtigkeit behalten. Sehr wahrscheinlich würde aber auch durch solche Reihen sich herausstellen, daß die Natur keineswegs so veränderlich ist, als sie uns nach den jetzigen Untersuchungen zu sein scheint. Schon die obige Tabelle ergiebt, wie abweichend die Resultate bei einer und derselben Pflanze oft erscheinen; man vergleiche beispielsweise die Angaben beim Maisstroh, Weizen, Rebenholz und bei den Runkeln. Wenn man aber die sämmtlichen Angaben eines Chemikers mit den sämmtlichen eines andern vergleicht, so findet man auch bald, daß alle in gleicher Weise von einander abweichen, daß also diese Verschiedenheiten gar nicht der Natur, sondern den verschiedenen Untersuchungsmethoden zur Last zu schreiben sind. So sind sämmtliche Angaben von de Saussure auffallend niedrig, sämmtliche Angaben von Bousfingault auffallend hoch, sehr natürlich, denn ersterer trocknete die Substanzen sehr schwach und veraschte wahrscheinlich bei sehr hoher Temperatur, letzterer dagegen trocknete bei sehr hoher Temperatur aus und veraschte wahrscheinlich bei sehr niedrigen Hitzegraden. Aus dem Mangel an physiologischer Verständigung geht aber noch ein anderer bei weitem schlimmerer Umstand hervor, das ist die Berechnung der Aschenanalysen mit Hinweglassung von Sand, Kohle und Kohlensäure oder gar die fehlende Bestimmung der Aschenprocente. Mit solchen Analysen kann der Physiologe gar nichts anfangen, als sie in den Papierkorb werfen, ob der Chemiker sie brauchen kann, weiß ich nicht. Liebig hat sich einer bei einem so geistreichen Manne ganz unbegreiflichen Selbsttäuschung hingegeben, indem er geglaubt, durch die Benutzung solcher Analysen physiologische Gesetze begründen zu können. Alle angeblichen Gesetze, die auf diese Weise gewonnen wurden, z. B. die Vertretung der Basen, sind völlig nichtssagend und unbegründet, oder es scheint sogar das Gegentheil davon zu gelten, wie z. B. seine Zusammenstellung der Phosphorsäure und Proteinverbindungen, der Alkalien und der Reihe des Stärkemehls und Zuckers.

Die genauere Betrachtung der obigen Tabelle läßt uns nun nicht wohl allgemeine Gesetze für die ganze Pflanzenwelt ableiten; so wie die Tabelle liegt, folgt aus ihr kein durchgreifender Unterschied der größern oder kleinern Eintheilungen der Pflanzen, also der Classen, Ordnungen, Familien oder Geschlechter nach dem procentigen Gehalt von Asche. Aus Tabelle II. D. scheint sich dies unmittelbar zu ergeben, da hier die Analysen ganzer Pflanzen zusammengestellt sind; um die übrigen Abtheilungen für diesen Zweck benutzen zu können, fehlt es uns freilich noch an den ganz unerläßlichen Bestimmungen über das Verhältniß der einzelnen Pflanzentheile zu einander. Da z. B. die Aschenmenge des Stengels und der Blätter so sehr verschieden sind, so macht es natürlich einen großen

Digitized by Google

Unterschied, ob an der wirklichen Pflanze auf 100 Theile Stengel 50 oder 200 Theile Blätter kommen. Darüber fehlt es uns aber zur Zeit noch an allen Angaben, einige wenige Culturpflanzen ausgenommen, bei welchen aber diese Bestimmungen größtentheils sehr roh und oberflächlich sind. — Ebenso wenig giebt die Tabelle einen durchschnittlichen Unterschied zwischen trocknen dürren, und fleischig saftigen Pflanzen und Pflanzentheilen an die Hand; kaum läßt sich der zwischen wildwachsenden und cultivirten oder unter dem Einfluß der Cultur gewachsenen Pflanzen nachweisen, obwohl gerade dieser letzte Fall die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat. Stellt man aus Tab. II. D. 10 fast ganz wildwachsende und 10 fast nur auf unseren Aeckern und gedüngten Wiesen oder in der Nähe menschlicher Wohnungen wachsende Pflanzen zusammen, so haben jene im Mittel 5,18, diese 9,38, also fast noch einmal so viele Asche.

Für einige weitere Bemerkungen muß ich aber noch auf §. 66. verweisen.

c. Die Organe der Aufnahme.

§. 64. Da wir im Allgemeinen ohnehin nur von den höher organisirten Pflanzen sprachen, so scheint der Satz so einfach klar zu sein, daß die Pflanze ihre Nahrung durch die Wurzeln aufnimmt, daß derselbe kaum einer weiteren Erörterung fähig oder bedürftig zu sein scheint. Dem ist aber nicht so. Wir wissen aus angestellten Versuchen mit Gewißheit, daß die Pflanzen aus der Luft Kohlensäure und Sauerstoffgas mittelst ihrer Blätter aufnehmen, es ist ebenfalls nach Versuchen mindestens sehr wahrscheinlich, daß dasselbe zuweilen in Bezug auf Wasserdunst stattfinde und für das flüchtige Ammoniak ist die Frage wenigstens noch offen, ob es durch die Wurzel oder die Blätter in die Pflanze eingehe. So bleibt also zunächst nichts mit Gewißheit stehen, als daß die Pflanze in der Regel alles Wasser, dessen sie bedarf, und in demselben die nicht flüchtigen unorganischen Bestandtheile in Form auflöslicher Salze ausschließlich durch die Wurzeln erhält. Von der Aufnahme des Wasserdunstes durch die Blätter, wenn derselbe sich überhaupt als wirklich erweisen sollte, dürfen wir behaupten, daß derselbe nur einen krankhaften Zustand derselben, nämlich den der gänzlich unterdrückten Ausdünstung bezeichnet. Da es viele Gründe giebt, welche es wenigstens im höchsten Grade unwahrscheinlich machen, daß der als solcher aufgenommene Sauerstoff irgend einen Antheil an der Ernährung der Pflanze, einen Antheil an der Bildung ihrer näheren Bestandtheile nehme, so bleibt für unsere Betrachtung nur noch die Kohlensäure und das flüchtige Ammoniak übrig. In der That ist eine Ansicht über die Ernährung der Pflanze aufgestellt worden, welche behauptet, die Pflanzen nehmen die zu ihrer Ernährung bestimmte Kohlensäure direct mittelst der Blätter aus der Luft auf. Was

Digitized by Google

in dieser Hinsicht über die Kohlensäure gesagt wird, kann nun auch gleichzeitig mit demselben Rechte seine Anwendung auf die flüchtigen Ammoniakverbindungen finden.

Zunächst müssen wir zusehen, was erfahrungsmäßig feststeht. Leider ist das gar wenig. Bis jetzt existirt nur ein einziger Versuch Bousſingault's, welcher beweist, daß Luft, die nur mit lebendigen noch an der Pflanze befindlichen Blättern in Berührung war, eines Theils ihrer Kohlensäure beraubt ist. Wir wissen aber auch durch zahlreiche Versuche, daß die Pflanze durch ihre Blätter bedeutende Mengen von Kohlensäure aushaucht. Wir wissen aber nicht im aller Entferntesten, in welchem Verhältniß jene Aufnahme und Aushauchung von Kohlensäure zu einander, noch weniger, in welchem Verhältniß sie zum Nahrungsbedürfniß der Pflanze stehen. Es läßt sich also gar nichts mit einiger Sicherheit aus jenen Experimenten ableiten, und wir werden ganz auf das Sammeln und Zusammenstellen von Wahrscheinlichkeitsgründen verwiesen. Diese sind nun folgende.

Die Kohlensäure wird begierig vom Wasser absorbirt und geht aus der Luft in jedes Wasser über, welches mit derselben in Berührung steht. Im Boden selbst, der schon zerstörte Pflanzenreste enthält, ist eine beständige Quelle der Kohlensäure, welche sogleich von dem Wasser des Bodens aufgenommen werden kann. Nimmt man demgemäß als sehr wahrscheinlich an, daß alles von der Pflanze aufgenommene Wasser mit Kohlensäure gesättigt in die Pflanze gelangt und gelangen muß, so wird dadurch der Pflanze schon eine viel größere Quantität von Kohlensäure zugeführt, als sie bedarf. Denn verbraucht ein Morgen Wiesenland (§. 59.) 6,000000 Pfund Wasser, so empfängt das Gras damit etwa 90909 Cub. Fuß Kohlensäure, welche ungefähr 3290 Pfund Kohlenstoff entsprechen; die allerbesten Altenburger Wiesen produciren aber höchstens 5280 Pfund Heu, welche etwa 1800 Pfund Kohlenstoff enthalten, und nimmt man auch noch 600 Pfund Kohlenstoff für den Wurzelzuwachs an, so wird doch noch immer der Bedarf des Kohlenstoffs von der Zufuhr um die Hälfte übertroffen. Haben wir auf diese Weise eine wie es scheint unvermeidliche und dabei vollkommen genügende Aufnahme von Kohlenstoff, so ist es höchst unwahrscheinlich, daß in der Pflanze daneben noch eine andere Art von Aufnahme vorkomme. Es ist ferner schon früher (§. 60.) erörtert, daß es keinen besonderen Ort in der Pflanze giebt, wo vorzugsweise die sogenannten rohen Nahrungsstoffe von der Pflanze in Nahrungssäfte umgewandelt würden, daß vielmehr dieser Aneignungsproceß in jeder einzelnen Zelle vor sich gehe und gehen müsse. Nun kommt aber die mit den Wurzeln aufgenommene Kohlensäure sogleich unmittelbar in die Zellen hinein, wo sie verwendet werden soll. Dagegen bleibt die von den

Digitized by Google

Blättern natürlich durch die Spaltöffnungen aufgenommene Kohlensäure zunächst auf die Intercellular-Gänge und -Räume beschränkt, und es bleibt immer die Frage, ob von derselben je die geringste Menge in die Zellen eintritt. Kurz, es bleibt wenigstens zur Zeit noch im höchsten Grade unwahrscheinlich, daß die geringe Menge der von den Blättern während des Sonnenscheins aufgenommene Kohlensäure in irgend einer wesentlichen Beziehung zur Ernährung der Pflanze stehe.

Müssen wir nun allerdings vorläufig die Wurzeln als die eigentlichen Organe der Nahrungsaufnahme ansehen, so sind doch hier noch mancherlei Beschränkungen zu machen. Man nennt in Wissenschaft und Leben, wenn auch aus verschiedenen Gründen, gar manches Wurzel, was doch in Bezug auf die Thätigkeit bei der Nahrungsaufnahme diesen Namen durchaus nicht verdient; dahin gehört zum Beispiel der holzige Hauptkörper der Baumwurzeln, der durch seine derbe Rinde gegen jedes Eindringen von Flüssigkeiten geschützt ist. Man pflegt gewöhnlich die zarteren Wurzeln als die eigentlich Nahrung aufsaugenden zu bezeichnen, aber auch dieses ist noch zu unbestimmt. An jedem Wurzelende ist nämlich nur eine ganz kleine Gegend, welche eigentlich fähig ist, aufzusaugen; dies ist nicht die alleräußerste Spitze, sondern ein schmaler Gürtel, welcher unmittelbar an die äußerste Spitze angrenzt. Die äußerste Spitze besteht nämlich aus alten, zum Theil sogar abgestorbenen Zellen, die dazu dienen, die zunächst darauf folgenden jüngsten und daher noch ganz zarten Zellen beim Fortwachsen in der Erde gegen Druck zu schützen. Die ganz zarten, jungen Zellen dagegen besitzen bei ihren sehr dünnen Wänden und der großen Menge ihres stickstoffhaltigen Inhaltes auch die Fähigkeit, Flüssigkeiten aufzusaugen, im höchsten Grade. Von dem schmalen aus diesen jüngsten Zellen gebildeten Gürtel an nach Oben nimmt die Fähigkeit, Flüssigkeiten aus dem Boden aufzusaugen, sehr schnell ab, und meist schon 1 Zoll weit vor der Spitze hat die Wurzel diese Fähigkeit ganz verloren.

Wird daher die Spitze einer Wurzel verletzt oder abgetrennt, so hört ihre Fähigkeit, Flüssigkeiten aus dem Boden aufzunehmen auch sogleich auf, in ihren Zellen aber werden nunmehr, da kein neues Wasser von Außen nachdringt, die Säfte so concentrirt, daß neue Bildungen daraus hervorgehen können. Diese zeigen sich denn auch alsbald in Gestalt von Seitenästen der Wurzel. Die Wurzel wächst nun nicht mehr in die Länge, nimmt aber, weil sie jetzt von einer größeren Anzahl Nebenwurzeln selbst ernährt wird, an Dicke zu. Dies ist der Grund, weshalb Gärtner bei manchen Pflanzen, z. B. beim Sellerie, die Hauptwurzel abstutzen, damit der Hauptkörper derselben sich um so dicker und knollenartig entwickele. Bei der so leichten Verletzbarkeit jener ganz jungen zarten Zellen der Wurzelspitze ist aber auch, wo die eben erwähnten Erfolge nicht be-

Digitized by Google

wirkt werden sollen, die möglichste Schonung der Wurzelspitzen beim Verpflanzen u. s. w. äußerst wichtig, indem man dieselben nicht nur gegen mechanische Verletzung, sondern besonders auch gegen die leicht eintretende Vertrocknung zu schützen hat, weshalb in so vielen Fällen das Verpflanzen mit der die Wurzelspitzen umgebenden Erde (mit dem Ballen) so unerläßlich ist, um günstige und rasche Erfolge zu erzielen.

C. Die Aneignung der Nahrungsstoffe.

§. 65. Die Pflanzenbestandtheile, welche oben als organische bezeichnet sind, enthalten zwar Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, aber doch keine wirklichen Verbindungen von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser. Hydrat von kohlensaurem Ammoniak ist keine Pflanzensubstanz, es müssen also mit jenen aufgenommenen Verbindungen noch wesentliche Veränderungen vorgehen, wenn sie in Pflanzenbestandtheile umgewandelt werden sollen. Auch die unorganischen Stoffe finden sich in der Pflanze nur selten in den Verbindungen, in welchen sie im Erdboden und in der aus demselben aufgesogenen Flüssigkeit vorkommen. So z. B. sind Kali und Natron fast in allen Pflanzen an Weinsäure, Apfel- und Citronensäure gebunden, welche im Boden gar nicht, der Kalk häufig an Oxalsäure und Gallertsäure gebunden, welche im Boden wenigstens höchst wahrscheinlich nicht vorkommen. Diese Salzbasen müssen also als andere Salzverbindungen, etwa als kohlensaure Salze aus dem Boden aufgenommen, in den Pflanzenzellen von ihrer Säure getrennt und mit der neu gebildeten Pflanzensäure verbunden worden sein. So interessant und selbst praktisch wichtig es nun auch für uns wäre, die Processe dieser Stoffumwandlungen bis in alle Einzelheiten hinein verfolgen zu können, so müssen wir doch leider gestehen, daß unsere ganze Kenntniß sich hier auf einige allgemeine Bestimmungen und einige wenige Einzelheiten beschränkt. Es lassen sich zwar mit etwas Phantasie über alle diese Vorgänge in der Pflanze leicht weitläufige und interessante Romane schreiben, wie sie denn auch in den meisten Pflanzenphysiologien und selbst in chemischen Handbüchern, am allertollsten und confusesten in Herrn von Hirschfeld's Ernährung und Wachsthum der Pflanzen ꝛc. sich vorfinden; wer sich aber gewissenhaft an dasjenige hält, was durch Erfahrung und Vernunftschluß wirklich festgestellt ist, wird für dieses ganz wichtige Capitel verhältnißmäßig wenig Raum brauchen. Unsere Kenntnisse lassen sich hier unter folgende zwei Gruppen bringen.

a. Uebergang unorganischer Verbindungen in organische Stoffe.

§. 66. Wenn wir hier von allen den besonderen Stoffen absehen, welche einzelne Familien, Geschlechter und Arten vor anderen auszeichnen, und nur

Digitized by Google

die allgemeinen allen Pflanzen zukommenden in's Auge fassen, so haben wir die beiden Reihen der stickstofffreien und der stickstoffhaltigen Bestandtheile. Die Erstere umfaßt sodann 1) das Stärkemehl, den Zucker, das Gummi, das Inulin, Stoffe, deren Zusammensetzung nach derselben Formel gedacht werden kann, nämlich: $C + x\,HO$.

Indem gewisse Aequivalente Kohlenstoff bald mit mehr, bald mit weniger Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältniß, wie sie Wasser bilden, verbunden erscheinen. 2) Die Pflanzensäuren, Oxalsäure, Weinsäure, Apfelsäure, Citronensäure u. s. w. Diese sind als nach der Formel

$$C + x\,HO + x\,O$$

zusammengesetzt anzusehen, d. h. so wie die Vorigen mit einem Ueberschuß von Sauerstoff. 3) Die fetten Oele, welche als

$$C + x\,HO + H,$$

d. h. in der Weise, wie die ersterwähnten mit einem Ueberschuß von Wasserstoff zusammengesetzt angesehen werden können. Die erste und dritte Abtheilung machen die bei weitem größere Masse der Pflanzensubstanz aus, während die zweite nur sehr untergeordnet auftritt, was wir bemerken, um einem künftigen Einwurf im Voraus zu begegnen, der sich aber ohnehin durch jede Pflanzenanalyse widerlegt, als könnten die Pflanzensäuren einen irgend bedeutenden Ueberschuß an Sauerstoff in der Pflanze verursachen.

Die zweite Reihe besteht nun vorzugsweise aus den Proteinverbindungen und dem wahrscheinlich nahe verwandten Chlorophyll und Indigo. Bei ihnen tritt der Sauerstoff in ähnlicher Weise zurück, als bei den Fetten. Dazu kommt noch, daß ohnehin diese ganze zweite Reihe einen bei weitem geringeren Antheil an der Zusammensetzung der Pflanze hat, als die erste Reihe, so daß der Stickstoffgehalt der Pflanzen im Ganzen sehr gering ist und wohl bei keiner Pflanze 4% der trockenen Substanz übersteigt.

Sämmtliche Stoffe der ersten Reihe können nun recht gut aus Kohlensäure und Wasser dadurch gebildet werden, daß mehr oder weniger Sauerstoff abgeschieden wird. Aber das Letztere muß auch bei Bildung der Substanzen der zweiten Reihe stattfinden, welche nur aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak gebildet werden können. Am einfachsten macht man sich die Nothwendigkeit der Annahme einer Abscheidung von Sauerstoff durch folgende Rechnung deutlich.

100 Theile der ausgebildeten Wickenpflanze mit reichen Früchten enthalten:

45,55 C
6,19 H
4,04 N
36,60 O
7,58 Asche.

Digitized by Google

Also 100 Theile der gesammten trocknen organischen Substanz nach Abzug der Asche:

49,30 C
6,70 H
4,37 N
39,61 O.

4,37 N erfordern 0,935 H, um Ammoniak zu bilden. Dieses H von obiger Zahl abgezogen, bleiben noch 5,765 H, welche nur mit dem Wasser in die Pflanze gekommen sein können. 5,765 erfordern aber 46,644 O, um Wasser zu bilden, während die Pflanze nur 39,61 O enthält, hier müssen also schon 7,03 O abgesondert werden. Nun bleiben uns aber noch 49,30 C. Diese können nur als Kohlensäure in die Pflanze eingetreten sein, und haben also noch 131,14 O mit eingeführt. Mit obigen 7,03 O zusammen erhalten wir also 138,17 Theile O, welche abgesondert werden müssen bei der Bildung von 100 Theilen Pflanzensubstanz, oder bei 16 Centner Erntegewicht müssen für den Morgen mindestens 2429 Pfd. O in Freiheit gesetzt werden.

So haben wir also als allgemeines Gesetz festgestellt, daß die Entstehung der organischen Substanz in der Pflanze eine fortwährende Ausscheidung von Sauerstoff nothwendig macht.

Dies ist aber auch bis jetzt leider das Einzige, was wir als Naturgesetz in Bezug auf die Aneignung der Nahrungsstoffe bei den Pflanzen feststellen können, indem alles Uebrige sich zur Zeit noch auf Vermuthungen und Wahrscheinlichkeiten gründet. Ganz besonders ist dies auch der Fall bei Betrachtungen über die Bedeutung der unorganischen Stoffe in der Pflanze; Alles, was in dieser Beziehung von Liebig mitgetheilt ist, steht noch ohne alle sichere Begründung da, und kann auch durch die höchst mangelhaften Beobachtungen, welche uns bis jetzt allein zu Gebote stehen, gar nicht begründet werden. Haben die unorganischen Bestandtheile überhaupt eine wesentliche Bedeutung im Leben der Pflanze, so haben sie dieselbe nur in ihrem Verhältniß zu den organischen Stoffen, aber gerade für dies Verhältniß besitzen wir bis jetzt noch gar keine zuverlässigen Angaben. Die Analyse einer Asche für sich ist eine ganz fruchtlose Arbeit, wenn dabei nicht zugleich derselbe Pflanzentheil, welcher die Asche lieferte, quantitativ auf seine näheren Bestandtheile untersucht wird; aber nur eine große Reihe solcher vollständiger Untersuchungen nach einer und derselben Methode ausgeführt, wird sich für physiologische Zwecke benutzen lassen; dergleichen Arbeiten sind aber nicht Sache eines einzelnen Privatmannes, und wir werden wohl erst dann diesem Mangel abgeholfen sehen, wenn die zum Theil reich dotirten landwirthschaftlichen Institute einmal anfangen, aus ihrer Lethargie und ihrem geistlosen Schlendrian zu erwachen.

Die folgenden Bemerkungen über den Assimilationsproceß können da-

Digitized by Google

her bei weitem mehr als Fingerzeige für fernere Beobachtungen und Unterſuchungen gelten, als daß ſie wirklichen Aufſchluß und Abſchluß gewährten. Zunächſt wollen wir noch einige Thatſachen erörtern, die mit der Aneignung der Nahrung in enger Beziehung zu ſtehen ſcheinen.

1. Alle Pflanzenſäfte, friſch aus der Pflanze genommen, reagiren ſauer und enthalten ſaure pflanzenſaure Salze. Die Baſen dieſer Salze, Alkalien und Kalkerde, können nicht als ſolche, ſondern nur als Salze von der Pflanze aus dem Boden aufgenommen ſein. Daß Schwefelſäure, Phosphorſäure und Chlor von der Pflanze ausgeſchieden oder die erſten beiden Verbindungen in ihr zerſetzt werden, deutet uns bis jetzt keine einzige Beobachtung an; da dieſe drei aber auch nicht frei in der Pflanze gefunden werden, ſo müſſen Kalk und Alkalien, wenigſtens ſo weit ſie pflanzenſaure Salze bilden, als kohlenſaure Salze oder mit einer der humusartigen Säuren (wahrſcheinlich mit Quell- oder Quellſalzſäure) verbunden, in die Pflanze eingetreten ſein. Hierbei liegt die Vermuthung nahe, daß Hydrate kohlenſaurer Alkalien durch allmäligen Sauerſtoffverluſt in oxalſaure, in andere pflanzenſaure und endlich in pectinigſaure Salze übergeführt werden, und daß die letzteren vielleicht in die Baſen, die anderweitig gebunden werden, und in Zucker, welcher aus der pectinigen Säure entſteht, zerfallen (Bd. II. S. 102 und 103). In den zuckerreichen Früchten ſcheinen wirklich die verſchiedenen pflanzenſauren Salze, die Gallertſäuren und der Zucker beim Reifen aufeinander zu folgen.

2. Daß die verſchiedenen Stoffe, welche der Reihe des Stärkemehls und der Holzfaſer angehören, die Kohlenhydrate, wie ich ſie der Kürze wegen in der Folge nennen will, da ſie aus Kohle und den Elementen des Waſſers beſtehen (Bd. II. §. 5 — 20), daß, ſage ich, dieſe Kohlenhydrate und die fetten Oele im Laufe der Vegetation ſich leicht in einander verwandeln, iſt eine völlig feſtgeſtellte Thatſache, die ſich durch die große Verwandtſchaft in der Zuſammenſetzung dieſer Stoffe leicht erklären läßt. So enthalten alle ſtärkemehlhaltigen Samen, z. B. der Cerealien und Leguminoſen in ihren jüngeren Zuſtänden außerordentlich viel Zucker, der ſpäter faſt ganz verſchwindet, beim Keimen aber wird die Stärke wieder aufgelöſt und abermals in Zucker umgewandelt.

3. Ueber die Entſtehung der ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheile, der Proteinverbindungen, haben wir zur Zeit auch nicht einmal Vermuthungen, die ſich einigermaßen wahrſcheinlich machen ließen.

4. Die Rolle, welche die unorganiſchen Subſtanzen in der Pflanze ſpielen, iſt uns größtentheils gänzlich fremd. Zunächſt kann uns nur eine genaue Kenntniß der Vertheilung dieſer Stoffe auf die Spur leiten.

a) Schon oben wurde erwähnt, daß die krautartigen ſaftigen Pflanzen zum Theil reicher an Aſche zu ſein ſcheinen, als die trocknen dürren; noch auffal-

Digitized by Google

lender tritt dieser Unterschied bei den einzelnen Theilen derselben Pflanze auf, insbesondere, wenn man den Aschengehalt des Stengels und der Blätter mit einander vergleicht.

	Aschenprocente im Stengel	in den Blättern
Tanne	0,58	2,31
Buche	0,32	6,00
Eiche	2,50	9,80
Hopfen	3,74	13,60
Hanf	4,14	22,00
Pappel	8,0	66,0

b) Die Samen haben stets von allen Pflanzentheilen (vielleicht die Wurzel ausgenommen) den geringsten Aschengehalt.

	Aschenprocente der Stengel	Samen
Hanf	4,14	5,60
Buchweizen	4,13	2,12
Leindötter	6,05	4,10
Lein	4,84	4,63
Bohnen	3,47	3,18
Erbsen	8,22	3,05
Wicken	5,99	3,40
Linsen	5,38	2,06
Hafer	6,14	2,01
Gerste	5,86	2,54
Roggen	3,29	2,41
Weizen	5,39	2,98

c) Im Allgemeinen kann man annehmen, daß der Aschengehalt bei den Pflanzen von unten nach oben zunimmt, z. B. bei der Leindötter enthalten:

die Wurzeln . . . . . 3,52 % Asche,
die Stengel im unteren Theil . 3,62 » »
die Stengel im oberen Theil . 6,05 » »

Noch mehr tritt dies bei der Eiche und Pappel nach de Saussure's Angaben hervor:

1000 Theile enthalten:	Asche
Eichenholz	2,0
Eichensplint	4,0
Eichenrinde	60,0
Eichenzweigholz	4,0
Eichenzweigrinde	60,0
Eichenblätter im Mai	53,0
» (Septbr.)	55,0

Digitized by Google

1000 Theile enthalten	Aſche
Pappelholz . . .	8,0
Pappelrinde . . .	72,0
Pappelblätter im Mai	66,0
» (Sept.)	93,0

Daß ſich dabei auch die verſchiedenen Salze eigenthümlich vertheilen, iſt ſchon von vornherein wahrſcheinlich, leider fehlen uns aber dafür vollſtändige Unterſuchungsreihen, und wir müſſen uns vorläufig mit den allgemeinen Angaben de Sauſſure's begnügen, wonach ſich vorzüglich die löslichen Salze in die jüngern Theile ziehen:

1000 Theile enthalten:	Aſche,	darin im Waſſer lösl. Salze	phosphorſaure Salze	kieſelſaure Salze
Eichenkernholz . .	2,0	0,77	0,15	0,04
Eichenſplint . . .	4,0	1,28	0,96	0,30
Eichenrinde . . .	60,0	4,20	1,80	0,90
Eichenbaſt . . .	73,0	5,11	2,74	0,36
Eichenzweigholz . .	4,0	1,04	1,14	0,005
Eichenzweigrinde .	60,0	4,20	2,70	1,50
Blätter im Mai .	53,0	24,81	11,13	1,59
» im Sept. .	55,0	9,35	10,04	79,95

5. Unterſuchen wir die einzelnen Pflanzen und Pflanzentheile zugleich auf ihre organiſchen und unorganiſchen Beſtandtheile, ſo treten uns einige merkwürdige Beziehungen unter dieſen beiden Claſſen von Stoffen entgegen, welche ſich zwar noch nicht in der Form von Geſetzen ausſprechen laſſen, aber doch intereſſante Anhaltepunkte für die Beurtheilung und für fernere Unterſuchungen geben. Wir finden nämlich:

a) in monocotyledonen Blättern und Stengeln eine auffallende Menge von Kieſelerde; die mikroſkopiſche Unterſuchung der Pflanze und der Aſche zeigt, daß dieſe Kieſelerde nicht als Zelleninhalt vorhanden iſt, ſondern in der Subſtanz der Zellenwandung ſelbſt abgelagert war.

1000 Theile enthalten:	Aſche,	darin Kieſelerde	oder Procente der ganzen Aſche
Maisſtroh	65,0	9,94	14,98
Haferſtroh	51,0	20,40	40,00
Engliſch Raygraß .	114,0	25,11	22,03
Carex caespitosa . .	75,0	39,94	53,25
Weizenſtroh	70,0	47,32	67,60
Haferhülſen . . .	60,3	51,92	74,18

b) In dicotyledonen Blättern und Stengeln finden wir eine auffallende Menge von Kalk- und Talkerde theilweiſe in derſelben Weiſe abgelagert.

Digitized by Google

1000 Theile enthalten:	Asche, darin	Kalkerde oder	in Procenten der Asche
Vogelkirschenholz . .	2,8	0,80	28,69
Aepfelbaumholz . .	12,9	5,83	45,19
Rebenholz (Liebfr.-Milch)	28,3	6,14	21,69
Rebenholz (Meißen) .	36,9	11,86	32,14
Kornblumen . . .	73,2	11,34	15,49
Leinpflanzen . . .	36,7	12,64	22,70
Feldkamillen	96,6	15,46	16,01
Krappwurzeln . . .	84,2	16,70	19,84
» . . .	82,5	19,80	24,00
Rother Kopfklee . .	111,7	18,49	16,56
Leindötterstengel . .	60,5	18,57	30,70
Hanfpflanzen . . .	45,4	19,09	42,05
Steckrübenblätter . .	93,9	23,95	25,51
Kornraden	132,0	38,63	29,27
Vogelkirschenrinde . .	103,7	43,50	41,95
Tabak (Debreczyn) . .	222,0	45,19	20,36
» (Fünfkirchen) .	230,0	74,47	32,38
» (Bannat) . .	198,0	50,43	25,47

Etwas anders wird die Ordnung, wenn wir Kalk- und Talkerde zusammenfassen, und da beide doch nur als Salzbasen in Betracht kommen können, die Pflanzentheile nach dem Sauerstoffgehalt der beiden Erden aneinander reihen.

1000 Theile enthalten	Asche, darin	Alkalische Erden oder	in Proc. der Asche	mit Sauerstoffgehalt
Vogelkirschenholz .	2,8	1,05	37,88	0,33
Krappwurzeln . .	84,2	18,80	22,34	1,65
» . .	82,5	21,94	26,60	6,57
Aepfelbaumholz .	12,9	6,51	50,49	1,95
Reben (Liebfr.-Milch)	28,3	6,99	24,71	2,11
Reben (Meißen) .	36,9	13,06	36,39	3,90
Lein	36,7	14,90	24,76	4,53
Kornblumen . .	73,2	14,68	20,05	4,58
Feldkamillen . .	96,6	18,99	19,67	5,84
Rother Kopfklee .	111,7	25,48	22,82	8,06
Steckrübenblätter	93,9	36,94	32,96	9,64
Kornrade . . .	132,0	46,74	35,42	14,34
Vogelkirschenrinde .	103,7	48,75	47,05	14,64
Tabak (Debreczyn) .	222,0	58,04	26,15	18,07
» (Bannat) .	198,0	75,30	37,98	24,24
» (Fünfkirchen)	230,0	97,01	42,18	30,31

Digitized by Google

c. Schon Bouſſingault hat geglaubt, einen engen Zuſammenhang zwiſchen den Proteinverbindungen und der Phosphorſäure zu finden, und es überraſcht in der That im erſten Augenblick, wenn man in der von ihm berechneten Tafel bei flüchtigem Ueberblick zu erkennen glaubt, daß der Stickſtoffgehalt und die Mengen der Phosphorſäure bei den verſchiedenen Pflanzentheilen faſt in gleichem Maaße ſteigen und fallen.

Tabelle I.

Pflanzentheile	Phosphorſäure	Stickſtoff
Steckrüben . . .	0,35	1,30
Runkelrüben . . .	0,46	2,10
Kartoffeln . . .	1,09	3,70
Erdäpfel	1,35	3,75
Heu	3,37	11,50
Klee	4,63	21,00
Hafer	4,73	17,87
Mais	5,51	16,40
Erbſen	9,03	38,40
Weiße Bohnen . .	9,38	45,80
Saubohnen . . .	10,26	51,00

Liebig hat ſpäter dieſelbe Anſicht ausgeſprochen und noch die zweite hinzugefügt, daß in gleicher Weiſe ſich ein Zuſammenhang zwiſchen den Alkalien und Kohlenhydraten annehmen laſſe. Daß beide Anſichten im Allgemeinen unhaltbar ſind, zeigt ſogleich ein Blick auf die beiden folgenden Tabellen; die erſte ordnet die Pflanzen nach dem Sauerſtoffgehalt der Alkalien, die zweite nach dem Gehalt an Phosphorſäure.

Tabelle II.

1000 Theile enthalten	Aſche, darin	Alkali	(Sauerſtoffgehalt)	in Proc. der Aſche
Hafer (Ayrſhire) .	18,1	2,94	0,50	16,27
Weizen (geſund) . .	19,0	5,41	0,97	28,49
Gerſte (Unterrhein) .	23,7	4,95	1,20	20,88
Gerſte (Neuenburg) .	27,1	6,38	1,34	19,88
Roggen	24,2	5,64	1,37	23,32
Weizen (brandig) .	28,0	9,48	1,79	33,88
Weizen (Unterrhein) .	26,2	8,33	2,17	34,22
Weizen (Elſaß) . .	50,1	14,78	2,51	29,50
Buchweizen . . .	21,2	6,05	1,40	28,57
Linſen	20,6	7,29	1,37	35,41
Erbſen (Elſaß) . .	31,0	10,94	1,86	35,30
Wicken	24,0	9,91	1,93	41,42
Weiße Bohnen (Elſaß)	30,0	13,28	2,25	44,27
Erbſen (Unterrhein) .	30,0	14,06	2,73	46,89

Digitized by Google

1000 Theile enthalten	Asche,	darin Alkali	(Sauerstoffgehalt)	in Proc. der Asche
Schminkbohnen . .	35,0	17,14	2,91	48,97
Weiße Bohnen(Worms)	32,9	16,60	3,15	50,47
Saubohnen . . .	40,0	15,43	3,25	38,59
Kiefernsamen . .	49,8	9,79	1,71	19,66
Fichtensamen . .	44,7	10,88	2,08	24,35
Leinsamen . . .	46,3	11,99	1,96	24,60
Hanfsamen . . .	56,0	12,01	2,07	21,45
Leindötter	41,0	19,16	4,12	46,75
Topinambours . .	60,0	25,42	4,32	42,38
Runkeln	63,0	25,49	4,42	40,46
Kartoffeln (gesund) .	47,0	27,30	4,64	58,10
Steckrüben . . .	93,9	26,80	4,66	35,27
Kartoffeln (krank) .	58,0	30,71	5,32	52,96

Tabelle III.

1000 Theile enthalten	Asche,	darin Phosphorsäure oder	in Proc. der ganzen Asche
Linsen	20,6	6,05	29,07
Wicken	24,0	9,13	38,05
Erbsen (Elsaß) . . .	31,0	9,33	30,10
Schminkbohnen . . .	35,0	9,38	26,80
Weiße Bohnen (Elsaß) .	30,0	10,26	34,20
Weiße Bohnen (Worms)	32,9	10,31	31,34
Erbsen (Unterrhein) . .	30,0	10,42	34,75
Saubohnen	40,00	15,17	37,94
Buchweizen	21,2	10,61	50,07
Hafer (Ayrshire) . . .	18,1	8,37	46,26
Gerste (Neuenburg) . .	27,1	10,44	38,51
Weizen (gesund) . . .	19,0	10,89	57,32
Hafer (Northhumberland)	22,2	10,92	49,19
Gerste (Unterrhein) . .	23,7	11,05	46,63
Weizen (Unterrhein) . .	26,2	12,09	46,14
Roggen	24,2	12,54	51,81
Weizen (brandig) . .	28,0	14,00	50,01
Weizen (Elsaß) . . .	50,1	23,54	47,00
Fichtensamen	44,7	15,13	33,85
Kiefernsamen	49,8	18,16	38,27
Leindötter	41,0	15,21	37,11
Leinsamen	46,3	17,18	37,11
Hanfsamen	56,0	18,77	33,52

Digitized by Google

Schenken wir aber der zweiten Tabelle eine größere Aufmerkſamkeit, ſo finden wir bald, daß die verſchiedenen Samen ſich, mit Ausnahme des Elſaßer Weizens und der Saubohne vollkommen nach ihrer inneren Verwandtſchaft angeordnet finden, indem voran die Hülſenfrüchte ſtehen, darauf die Cerealien, dann die harzhaltigen und endlich die ölhaltigen Samen folgen. Verfolgen wir dieſe Andeutungen weiter, ſo giebt uns der Talkerdegehalt der Pflanzen eine Anordnung, welche ebenfalls (mit drei Ausnahmen) die Samen nach ihrer inneren Verwandtſchaft zuſammen ordnet, aber ſo, daß die Reihefolge der Gruppen der bei der vorigen Tabelle faſt gerade entgegengeſetzt iſt.

Tabelle IV.

1000 Theile enthalten	Aſche	darin	Talkerde	oder	in Proc. der ganzen Aſche
Linſen	20,6		0,42		1,98
Wicken	24,0		2,04		8,49
Erbſen (Unterrhein) . .	30,0		2,58		8,60
Weiße Bohnen (Elſaß) .	30,0		2,58		8,60
Weiße Bohnen (Worms)	32,9		2,97		9,03
Saubohnen	40,0		3,52		8,81
Erbſen (Elſaß) . . .	31,0		3,69		11,90
Schminkbohnen . . .	35,0		4,02		11,50
Buchweizen	21,2		2,20		10,38
Hafer (Ayrſhire) . . .	18,1		1,81		9,98
Hafer (Northhumberland)	22,2		1,93		8,69
Gerſte (Neuenburg) .	27,1		2,25		8,32
Gerſte (Unterrhein) . .	23,7		2,38		10,05
Weizen (geſund) . . .	19,0		2,31		12,18
Roggen	24,2		2,56		10,57
Weizen (brandig) . . .	2,80		3,26		11,65
Weizen (Unterrhein) . .	26,2		3,40		12,98
Weizen (Elſaß) . . .	50,1		7,96		15,98
Kiefernſamen	49,8		6,26		12,57
Fichtenſamen	44,7		6,40		14,34
Leinſamen	46,3		0,10		0,21
Hanfſamen	56,0		0,54		0,96
Leindötter	41,0		2,19		5,34

Da wir hier Analyſen von ſo ungleichem Werth benutzen müſſen, ſo dürfen wir erwarten, um ſo eher zu brauchbaren Reſultaten geführt zu werden, je mehr wir zuſammenfaſſen und nur mittlere Zahlen feſthalten. Dies führt uns auf einige merkwürdige Verhältniſſe, die ich ſogleich andeuten will, indem ich nur noch eine Tabelle vorausſchicke, welche die Angabe des geſammten Sauerſtoffgehaltes der alkaliſchen Erden enthält.

Digitized by Google

Tabelle V.

1000 Theile enthalten:	Sauerstoff der Kalk- und Talkerde.
Linsen	0,46
Wicken	1,14
Erbsen (Unterrhein) . . .	1,27
Weiße Bohnen (Elsaß) . .	1,48
Weiße Bohnen (Worms) .	1,74
Saubohnen	2,09
Schminkbohnen	2,18
Erbsen (Elsaß)	2,36
Weizen (gesund)	0,94
Gerste (Neuenburg) . . .	1,06
Hafer (Northhumberland) .	1,11
Gerste (Unterrhein) . . .	1,18
Hafer (Ayrshire)	1,26
Roggen	1,51
Weizen (brandig)	1,56
Weizen (Unterrhein) . . .	1,64
Weizen (Elsaß)	3,53
Buchweizen	1,28
Kiefernsamen	2,71
Fichtensamen	2,72
Leindötter	1,47
Leinsamen	3,22
Hanfsamen	4,31

Aus der Benutzung sämmtlicher mitgetheilter Tabellen ergiebt sich Folgendes.

1000 Theile.					Phosphorsäure.
Samen der	Hülsenfrüchte	enthalten	im	Mittel	10,00
» »	Cerealien	»	»	»	12,44
» »	Nadelhölzer	»	»	»	16,64
» »	Oelfrüchte	»	»	»	17,05
					Talkerde.
» »	Oelfrüchte	»	»	»	0,94
» »	Hülsenfrüchte	»	»	»	2,85
» »	Cerealien	»	»	»	3,03
» »	Nadelhölzer	»	»	»	6,33
1000 Theile.					Sauerstoff der Alkalien.
Samen der	Cerealien	enthalten	im	Mittel	1,48
» »	Nadelhölzer	»	»	»	1,89
» »	Oelfrüchte	»	»	»	2,71

Digitized by Google

1000 Theile.	Sauerstoff der Alkalien.
Samen der Hülsenfrüchte enthalten im Mittel	2,83
der fleischigen Wurzeln und Knollen » » »	4,63.

	Sauerstoff der alkalischen Erden.
Samen der Cerealien enthalten im Mittel	1,50
» » Hülsenfrüchte » » »	1,59
» » Nadelhölzer » » »	2,71
» » Oelfrüchte » » »	3,00

Läßt man in dieser letzteren Anordnung bei der Berechnung die abnorm hohe Angabe bei den Erbsen (Elsaß) weg, so erhält man für die Hülsenfrüchte als Mittel nur 1,48 und die Ordnung wird ganz dieselbe wie die erste bei der Phosphorsäure.

1000 Theile.	Sauerstoff der Alkalien und alkalischen Erden.
Samen der Cerealien enthalten im Mittel	2,98
» » Hülsenfrüchte » » »	4,31
» » Nadelhölzer » » »	4,60
» » Oelfrüchte » » »	5,71.

Diese Uebersichten, so interessant sie an sich sind, können uns nun leider nur in wenigen Fällen physiologische Resultate gewähren, weil es gänzlich an Analysen fehlt, um den Gehalt an organischen Stoffen mit den Mengen der unorganischen Verbindungen zu vergleichen. Nur bei zwei Pflanzengruppen ist uns eine solche Vergleichung indeß einigermaßen möglich. Es fällt sogleich auf, daß die Hülsenfrüchte und Cerealien eine entgegengesetzte Stellung haben, wenn wir dieselben nach dem Phosphorsäuregehalt und dem Sauerstoffgehalt sämmtlicher Basen anordnen. Nehmen wir aber ihren Gehalt an Kohlenhydraten und Proteinverbindungen, so erhalten wir merkwürdiger Weise dasselbe Resultat.

1000 Theile.	Proteinverbindungen.
Samen der Cerealien enthalten im Mittel	143,0
» » Hülsenfrüchte » » »	229,0
	Kohlenhydrate.
» » Hülsenfrüchte » » »	482,0
» » Cerealien » » »	649,0.

Diese Zahlen werden aber, wenn man die mangelhaften Grundlagen bedenkt, merkwürdig genau ebenfalls durch folgende Gleichung gefunden:

Digitized by Google

Der Sauerstoff der Basen der Cerealien,	der Hülsenfrüchte.		Die Proteinverbindungen der Cerealien,	der Hülsenfrüchte.
2,98 :	4,31	=	143,0 :	207,0 (statt 229,0)

und ebenso

die Phosphorsäure der Hülsenfrüchte,	der Cerealien.		die Kohlenhydrate der Hülsenfrüchte,	der Cerealien.
10,00 :	12,44	=	482,0 :	598,6 (statt 649,0).

Oder mit Worten: die Mengen der Proteinverbindungen werden durch die der Salzbasen und die Mengen der Kohlenhydrate durch die der Phosphorsäure bestimmt.

Dieses Resultat steht mit den Ansichten Bouſſingault's und Liebig's in directem Widerspruch und beweist wenigstens, auf wie schwachen Füßen jene Ansichten noch stehen. Es kann mir allerdings nicht beikommen, die Ansichten jener Forscher als für immer beseitigt, die eben entwickelte Ansicht als für immer begründet ansehen zu wollen, dazu sind die Analysen, die überhaupt von irgend jemand zu Grunde gelegt werden können, noch viel zu lückenhaft und ungenügend, abes es beweisen eben doch solche Berechnungen, wie wenig zur Zeit noch auf alle Schlüsse, die man sich von den Ergebnissen der Analysen auf die inneren Vorgänge in der Pflanze erlaubt, Werth zu legen ist. — Schon sobald wir jenes oben erhaltene Resultat ins Einzelne verfolgen, stellt sich die Sache wieder ganz anders, indem zwar z. B. bei den Cerealien mit der Zunahme des Sauerstoffgehaltes der Basen im Allgemeinen auch der Gehalt an Proteinverbindungen steigt, aber keineswegs, wie nach Obigem vorauszusetzen wäre, in gleichem Verhältnisse,

denn 1000 Theile von	enthalten im Mittel	Sauerstoff der Basen	und Proteinverbindungen
Hafer	—	1,76	13,07
Gerste	—	1,83	13,04
Roggen	—	2,88	14,70
Weizen	—	3,82	15,40,

es verhält sich aber z. B. 1,76 : 3,82 = 13,07 : 22,69, was doch viel zu sehr von 15,40 abweicht, um als ein annäherungsweise richtiger Werth angesehen zu werden.

Digitized by Google

b. Ueber die Ausscheidung und Aufnahme von Gasarten durch die Pflanzen.

§. 67. Die Bemerkung ist schon sehr alt, daß eine größere Menge von Pflanzen über Nacht in einem Schlafzimmer die Luft so verderben, daß oft bedenkliche Zufälle darauf folgen, aber erst sehr spät im letzten Drittheil des vorigen Jahrhunderts ist man auf die Erklärung dieser Erscheinung geführt worden. Haben wir oben (S. 137 u. 138.) schon gefunden, daß beim Vegetationsproceß der Pflanzen fortwährend eine bedeutende Menge von Sauerstoffgas entbunden werden muß, so können wir jetzt die Beschränkung hinzufügen, daß eine solche Aushauchung dieser Gasart nur am Täge oder richtiger nur bei Einwirkung des Lichtes stattfindet, daß dagegen bei Nacht von der Pflanze Kohlensäure ausgehaucht wird. Es ist ferner gewiß, daß bei Tage von den grünen Pflanzentheilen zugleich etwas Kohlensäure aufgenommen wird und wahrscheinlich, daß dieselben bei Nacht etwas Sauerstoffgas aufsaugen. — Diese Thatsachen sind aber auch alles, was wir von der Sache wissen. In welchem quantitativen Verhältniß diese verschiedenen Aufnahmen und Ausscheidungen zu einander stehen, ist zur Zeit noch völlig unbekannt. Nicht ganz zweckmäßig angestellte und deshalb nicht ganz beweisende Versuche von de Saussure deuten an, daß bei Tage nicht ganz so viel Sauerstoffgas ausgeschieden wird, als dem in der aufgenommenen Kohlensäure enthaltenen entspricht. Gleichwohl haben Leute, deren Phantasie und Erfindungsgabe stärker ist, als ihr logischer Verstand, gerade aus de Saussure's Versuchen geschlossen, daß die Pflanze die Kohlensäure zersetze, den Kohlenstoff sich aneigne und den Sauerstoff ausscheide. Alles dies ist bis jetzt noch in das Gebiet unbegründeter Träumereien zu verweisen; es ist nach den zur Zeit noch feststehenden Thatsachen völlig gleich möglich, daß Kohlensäure zersetzt und der Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers verbunden wird, oder das Wasser zersetzt wird und der Wasserstoff sich mit den Elementen der Kohlensäure vereinigt. Das letztere ist aber bei weitem wahrscheinlicher, denn wir wissen, daß Wasser eine außerordentlich leicht zersetzbare Verbindung ist, in der Kohlensäure dagegen die Elemente fast untrennbar, fast vereinigt sind. In jedem Fall bleibt aber das Endresultat (und mehr kennen wir von der ganzen Sache nicht) dasselbe, daß nämlich bei der Vegetation eine gewisse Menge Sauerstoff entbunden wird.

Daß durch die Wurzeln der Pflanze eine gewisse Menge Kohlensäure zugeführt wird, ist wohl nicht zu bezweifeln. In der Nacht scheinen die chemischen Processe, welche die Aneignung der aufgenommenen Nahrungsstoffe bewirken, nicht stattzufinden, mit dem verdunstenden Wasser muß

Digitized by Google

also auch die freie Kohlensäure, soweit sie nicht von den Säften der Pflanze aufgelöst erhalten werden kann, verdunsten. Die Pflanze steht aber mit der sauerstoffreichen Luft in Berührung und jede wässerige Flüssigkeit, die keinen aufgelösten Sauerstoff enthält, muß solchen aus ihrer Umgebung aufnehmen. Die Menge des auf diese Weise aufgenommenen ist aber immer nur sehr wenig, nämlich höchstens 4,5 bis 6,5 Procent des Volumens der in der ganzen Pflanze enthaltenen Flüssigkeit. Umgekehrt bei Einwirkung des Tageslichtes gehen in der Pflanze die Processe lebhaft vor sich, durch welche aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak organische Stoffe gebildet werden, auf jeden Fall hört dabei die Kohlensäure auf, fernerhin als Kohlensäure vorhanden zu sein. Auf jeden Fall wird dabei bei weitem mehr Sauerstoff in Freiheit gesetzt als die Flüssigkeit in der Pflanze absorbirt festhalten kann, dieser Sauerstoff muß also entweichen. Da aber die Luft beständig Kohlensäure enthält, so muß die Flüssigkeit der Pflanze bei Tage, wo sie wenigstens nicht vollständig mit Kohlensäure gesättigt ist, auch beständig Kohlensäure aus der Atmosphäre absorbiren, und zwar kann das bis zu einem gleichen Volumen mit dem Volumen der Flüssigkeit in der ganzen Pflanze steigen. Natürlich je rascher der Vegetationsproceß ist, d. h. je rascher die Kohlensäure als solche zu sein aufhört, also je geringere Mengen freier Kohlensäure in den Säften der Pflanze noch vorhanden sind, desto stärker wird auch die Aufnahme aus der Atmosphäre sein. So weit läßt sich eine wahrscheinliche Erklärung für die bei der Assimilation der Nahrungsstoffe vor sich gehenden Gasaufnahmen und Ausscheidungen geben, die Zukunft aber erst kann durch genauere Beobachtungen als bisher angestellt sind, nachweisen, in wie weit wir hier die Wahrheit getroffen haben.

Neben jenen Gasaufnahmen und Ausscheidungen, welche zu dem Ernährungsproceß der Pflanze in directer Beziehung treten, kommen aber noch andere dergleichen Vorgänge vor, welche rein chemisch physikalischer Natur sind und nicht mit dem Leben, sondern wie man fast richtiger sagen könnte, mit dem Tode, oder dem Absterben der Pflanzen und Pflanzentheile in Verbindung stehen. Ein Fall der Art ist schon oben bei der Keimung (§. 50.) erwähnt worden, und alle übrigen lassen sich hier auf dieselbe Grundlage zurückführen. In vielen Pflanzentheilen, namentlich in allen nicht grün gefärbten z. B. in den Blumen, den reifenden Früchten, in der Rinde der Bäume werden die schon gebildeten organischen Substanzen auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs zerstört, indem sie langsam verbrennen. Der Kohlenstoff der organischen Substanz verbindet sich dabei mit dem Sauerstoff der Atmospäre zu Kohlensäure, welche entweicht. Dieser Vorgang, von dem Ernährungsstoff ganz unabhängig, geht in den genannten Theilen gleichmäßig Nacht und Tag vor sich und

Digitized by Google

deshalb wird eine große Menge Blumen in einem kleinen verschlossenen Zimmer leicht der Gesundheit nachtheilig, weil sie die Atmosphäre mit einem Uebermaaß von Kohlensäure beladen. Schon bei der Keimung ist erwähnt, daß dieser langsame Verbrennungsproceß natürlich eine der Menge des verbrauchten Sauerstoffs proportionale Quantität von Wärme entbindet, aber wie bei dem einzeln keimenden Samen diese Wärme sich zu schnell mit der Umgebung ausgleicht, um wahrgenommen werden zu können, so ist es auch unmöglich, die in einer einzelnen Blume entbundene Wärme zu bestimmen. Wo aber eine größere Anzahl Blüthen und namentlich Staubfäden, in denen dieser Proceß am lebhaftesten vor sich geht, eng an einander gedrängt vegetiren, wie z. B. im Blüthenkolben der größeren Aroideen, da läßt sich die entstehende Wärme auch durch das Thermometer nachweisen und beträgt oft bis 30 Grad über der Temperatur der umgebenden Atmosphäre.

Welche Veränderungen durch diesen langsamen Verbrennungsproceß in den Blüthentheilen und reifenden Früchten hervorgerufen werden, sind uns zur Zeit noch unbekannt. In der Rinde der Bäume oder richtiger in der Kork- und Borkenschicht derselben geht aber ein förmlicher Verwesungsproceß und eine allmälige Humusbildung auf diese Weise vor sich und wahrscheinlich ist die Gerbsäure ebenfalls ein Product dieser beginnenden Zersetzung.

Es sei mir vergönnt, hier noch wenige Worte über die Art und Weise, in welcher die sämmtlichen erwähnten Ausscheidungen und Austauschungen von Gasarten vor sich gehen, hinzuzufügen. Alle chemischen Processe, welche beim Pflanzenleben in Frage kommen, also auch Alles Gebunden- und Freiwerden gasförmiger Stoffe, gehen unmittelbar im Innern der Zellen vor sich. Wenn Sauerstoffgas abgeschieden und in Freiheit gesetzt wird, so befindet sich dasselbe zunächst in der Zelle im Safte derselben aufgelöst (Bd. I. §. 88.), das Gas kann nun aus der Zelle nur zugleich mit der Flüssigkeit entweichen, und beide Ausscheidungen, die von Wasserdunst und die von Gasarten, hängen daher auf's engste mit einander zusammen. Die Sache verhält sich hier folgendermaßen:

a) Sättigt man Wasser vollkommen mit Kohlensäure und schließt dasselbe in eine thierische Blase ein, so dringt das Wasser durch die Blase durch und kommt auf der äußeren Seite mit der atmosphärischen Luft in Berührung. Hier entweicht nun ein Theil der Kohlensäure und wird durch einen entsprechenden Antheil von Sauerstoff und Stickstoff ersetzt (Bd. I. S. 92.). Die so veränderte Flüssigkeit gleicht sich nun aber wieder mit der im Innern der Blase befindlichen aus, und so kommt ein Theil der aufgenommenen atmosphärischen Luft in's Innere der Blase, und ein entsprechender Theil Kohlensäure tritt wieder an die die Oberfläche der

Digitized by

Blase bedeckende Flüssigkeit. Auf diese Weise geht dann der doppelte Austausch so lange fort, bis das mit Kohlensäure gesättigt gewesene Wasser sich ganz in derselben Weise verändert hat, als wenn es ohne dazwischen liegende Blase mit der Atmosphäre in Berührung gestanden hätte.

b) Uebersättigt man Wasser, welches in einer Blase eingeschlossen ist mit Kohlensäure (etwa wie Selterser Wasser), und hängt die Blase in freier Luft auf, so wird im Innern derselben keine Ausscheidung von Gasblasen (kein Perlen) stattfinden, in der eingeschlossenen Flüssigkeit steht vielmehr auch das Gas unter einem solchen Druck, daß es von der Flüssigkeit aufgelöst erhalten werden kann, ebenso wie in der noch geschlossenen Selterser Wasserflasche. Aber das Wasser durchdringt die Haut und in der dünnen Schicht Wasser, die nun die äußere Fläche der Blase bedeckt, steht auch das absorbirte kohlensaure Gas unter keinem anderen als dem gewöhnlichen atmosphärischen Druck. Hier trennt sich nun sogleich die überschüssige Kohlensäure von dem Wasser, bildet Luftbläschen und entweicht, das Wasser nimmt wieder neues kohlensaures Gas aus der eingeschlossenen Flüssigkeit auf, und dieselbe entweicht abermals und so fort, bis der Gehalt an Kohlensäure auf das gesetzmäßige Maaß herabgekommen ist, welches dem augenblicklichen atmosphärischen Drucke, und dem Verhältnisse von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure in der umgebenden Atmosphäre entspricht. Diese beiden Vorgänge lassen sich nun, wie schon früher bemerkt, ohne weiteres auf die Pflanzenzellen übertragen, indem wir nur an die Stelle der thierischen Blase die Zellenhaut setzen. Mit einem Worte, die Verhältnisse, welche zwischen freien und von Flüssigkeiten absorbirten Gasarten stattfinden, werden dadurch nicht geändert, wenn die absorbirende Flüssigkeit in eine Membran eingeschlossen wird, die für die Flüssigkeit selbst durchdringlich ist.

Sonstige Ausscheidungen, als die erwähnten gasartigen, welche mit dem allgemeinen Ernährungsproceß der Pflanze in engerer Verbindung ständen, kennen wir bis jetzt nicht. Namentlich ist die Lehre von einer Ausscheidung abgenutzter Stoffe, sogenannter Excremente durch die Wurzeln, zur Zeit noch eine rein aus der Luft gegriffene Träumerei und durch keinen einzigen Beweis unterstützt.

D. Der Gestaltungsproceß.

§. 68. Wenn einmal Zucker, Gummi oder irgend ein anderer Stoff in der Reihe der Kohlenhydrate aus unorganischen Substanzen entstanden ist, so hat die Bildung von Zellstoff weiter keine Schwierigkeiten, denn derselbe gehört eben dieser Reihe an und ist ganz gleich mit ihnen zusammengesetzt,

Digitized by Google

so daß die Umwandlung des einen Stoffes in den anderen mit der größten Leichtigkeit vor sich gehen kann.

Aber Zellstoff ist noch keine Zelle und was denselben bestimmt, diese eigenthümliche Form anzunehmen, ist uns völlig unbekannt. Wir fassen die uns unbekannten Ursachen des Processes, aus welchen eine solche bestimmte Gestalt, wie die Zelle ist, hervorgeht, unter dem Namen »Bildungstrieb« zusammen. Die Producte solcher Bildungstriebe sind sowohl die einzelnen Zellen als die ganzen Pflanzen und wir sind genöthigt, so viele Bildungstriebe anzunehmen, als es einzelne unterscheidbare Pflanzenformen giebt. Das Resultat hängt hier aber nicht allein vom Bildungstrieb, sondern auch von den äußeren Umständen ab, wodurch seine Wirkung abgeändert werden kann; der Bildungstrieb giebt uns hier das, was für eine bestimmte Pflanzenart charakteristisch ist, während die mannichfachen Verschiedenheiten in Unterarten, Spielarten, Mißgeburten und Krankheiten von dem Einflusse äußerer Verhältnisse, welche störend auf den Bildungstrieb einwirken, abhängt.

Für den Gestaltungsproceß können wir, wie gesagt, noch durchaus keine Entwickelungen geben. Das Einzige, was hier zu erwähnen ist, betrifft das quantitative Verhältniß der organischen Stoffe zu einander. Ueberall da, wo neue Zellen entstehen in der äußersten Spitze der Wurzel, in der sich bildenden Knospe in der Keimpflanze wie im Bildungsgewebe des Stammes finden wir eine auffallende Menge stickstoffhaltiger Verbindungen. Stets sammeln sich an diesen Orten die Proteinverbindungen in größerer Menge an und vielleicht ist überhaupt das erste, was wir an einer werdenden Zelle unterscheiden können, der Zellenkern (S. 24.) und die stickstoffhaltige Auskleidung der Zelle (S. 25.) beides stickstoffreiche Substanzen. — So ergiebt sich für uns noch ein Grund mehr für die Erscheinung, daß die *üppige* massenhafte Entwickelung der Pflanzen überall an eine reichliche Zufuhr des Ammoniaks gebunden ist.

E. Aeußere Bedingungen der Vegetation.

§. 69. Ich habe im vorigen Paragraphen erwähnt, daß es äußere Verhältnisse sind, welche, auf den Bildungstrieb einwirkend, den außerordentlichen Reichthum individueller Formen hervorrufen, welche uns in der Pflanzenwelt entgegentritt. Schon deshalb verdienen diese äußeren Bedingungen unsere Aufmerksamkeit; sie nehmen dieselbe aber in noch höherem Grade in Anspruch, weil von ihnen auch die Ernährung der Pflanze im engsten Sinne des Wortes in jeder Beziehung beständig abhängig erscheint. In Bezug auf den ersten Punkt haben wir nur Andeutungen und Wahrscheinlichkeiten,

Digitized by Google

in Bezug auf den letzten dagegen sind uns manche interessante Aufschlüsse besonders in neuerer Zeit geworden.

Daß die Pflanze, die im Boden wurzelt und zunächst aus diesem ihre Nahrung bezieht, die ihre Zweige und Blätter in die Luft streckt und in beständigem Austausch der Gasarten mit derselben steht, von Boden und Atmosphäre mannichfach abhängig sein muß, versteht sich von selbst. Daß Wärme, Licht und Elektricität, welche fast alle chemischen Processe begleiten, auf dieselben einwirken und eigenthümlich abändern, nicht ohne Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen sein können, die sich für uns ganz um chemische Vorgänge dreht, ist zu wahrscheinlich, um nicht Berücksichtigung zu verdienen, und es ist hier am Orte diese einzelnen Bedingungen etwas genauer in's Auge zu fassen.

a. Der Boden.

§. 70. Unter allen Bedingungen für die Ernährung und den Wachsthum der Pflanzen ist ohne Zweifel der Boden, in welchem sie wurzelt, eine der wichtigsten. Zunächst bildet sich aus dem verwitternden Felsgesteine ein Gemenge völlig unorganischer Substanzen, den wir als Urboden bezeichnen können und zuerst der Ansiedlung der Pflanzen Raum giebt. Aus ihm entwickelt sich später durch Beimengung organischer Ueberreste die Dammerde, welche, wie uns die Erfahrung lehrt, in den meisten Fällen eine bei weitem üppigere Vegetation hervorruft, als jene. Die Wichtigkeit einer genaueren Kenntniß des Bodens, seiner Bestandtheile und Eigenschaften ist auch allgemein anerkannt, und die Bodenkunde (Bd. II.) bildet eine wesentliche Grundlage der ganzen Landwirthschaftslehre. Hier sind hauptsächlich nur die Verhältnisse hervorzuheben und zu würdigen, welche den Unterschied zwischen Urboden und Dammerde betreffen und uns in der Erklärung der vortheilhaften Einwirkung der letzteren auf die Vegetation leiten können. Man hat so viele unhaltbare Theorien auf die einfache Thatsache gebaut, daß Dammerde die Vegetation mehr begünstigt, als Urboden, so viele falsche Schlüsse davon abgeleitet, daß es allerdings wichtig ist, hier eine richtige Einsicht zu gewinnen, so daß man sich jene unzweifelhafte Thatsache völlig erklären kann, ohne zu unreifen Hypothesen über die Ernährung der Pflanzen seine Zuflucht nehmen zu müssen. Es sind drei Punkte, auf welche es vor allen hier ankommt, der erste betrifft die Verhältnisse der Pflanze zum Wasser, der andere ihr Bedürfniß, unorganische Substanzen aufzunehmen, der dritte die physikalischen Eigenschaften des Bodens.

1. Schon oben bei der Lehre von der Ausdunstung der Pflanzen (S. 122 ff.) haben wir gesehen, welche außerordentlich großen Massen

des Wassers die Pflanzen während ihrer Vegetation verbrauchen. Die Frage, woher dieselben diese Wassermengen beziehen, haben wir bisher verschoben, und es ist jetzt Zeit, sie einer Prüfung zu unterwerfen. Die ganz allgemein verbreitete Ansicht antwortet auf jene Frage sehr schnell, daß es der Regen und Thau sei, welcher die Pflanzen mit Wasser versorge und man ist so fest von der Richtigkeit und Genüglichkeit dieser Antwort überzeugt, daß noch Niemand sich die Mühe genommen hat, genau zu prüfen, ob in der That der Regen und Thau hier zur Erklärung ausreicht. Ich glaube, die folgenden Betrachtungen werden Jeden überzeugen, daß wir uns nach ganz anderen Quellen für den Wasserbedarf der Pflanzen umsehen müssen und daß Regen und Thau sogar fast die unbedeutendsten Wasserquellen für die Pflanzenwelt abgeben. Das als Regen, Thau, Schnee u. s. w. aus der Luft dem Boden zugeführte Wasser hat offenbar einen doppelten Zweck, denn es soll nicht nur die Vegetation erhalten, sondern auch zweitens die Quellen speisen. Alles Wasser, was unsere Flüsse ab und dem Meere zuführen, leitet seinen Ursprung von dem meteorischen Wasser ab, welches in verschiedener Gestalt aus der Atmosphäre in den Boden gelangte. Ehe wir also über das Regenwasser ꝛc. zum Besten der Pflanzen disponiren, müssen wir davon die Mengen abziehen, welche durch die Flüsse ablaufen, Wassermengen, welche der Vegetation nicht zu Gute kommen können. Wir müßten eigentlich noch einen zweiten Abzug machen für das Wasser, welches gleich nach gefallenem Regen oder Thau ohne durch die Pflanzen gegangen zu sein wieder in die Luft verdunstet. Daß das nicht unbeträchtlich ist, davon kann man sich durch die dichten Dampfwolken überzeugen, die vom Boden aufsteigen, wenn gleich nach einem Gewitterregen die Sonne wieder scheint. Da wir aber diese Mengen bis jetzt auch nicht einmal annäherungsweise richtig anschlagen können, wollen wir diesen Posten ganz aus unserer Rechnung weglassen.

Ueber die Wassermengen, welche durch die Flüsse abgeführt werden, haben wir von ausgezeichneten Physikern eine Reihe von Untersuchungen erhalten, die, wenn auch lange noch nicht genau genug, doch annäherungsweise richtige Resultate geben. Nach den von Dalton für die Themse und von Dausse für die Seine angestellten Untersuchungen führen diese Flüsse $^1/_3$ des als Schnee, Regen, Thau u. s. w. auf ihrem Gebiete gefallenen Regens dem Meere zu. Nach sehr genauen Berechnungen von Berghaus führt der Rhein $^3/_4$, nach den Beobachtungen von Studer derselbe sogar $^4/_5$ des gefallenen Wassers ab. Ja, nach der Angabe von Berghaus würde sich für die Weser das Resultat ergeben, daß durch sie sogar noch etwas mehr Wasser abfließt, als Regen, Schnee und dergleichen ihr liefern können. Wenn wir nun mit Berücksichtigung der

Digitized by Google

Verdunstung annehmen, daß wenigstens die Hälfte der atmosphärischen Niederschläge für die Pflanzenwelt verloren geht, so bleiben wir damit gewiß noch weit unter der Wirklichkeit. Legen wir nun die Beobachtungen der Regenmengen, welche Schübler für England mitgetheilt hat, zu Grunde, so fallen auf den Morgen von 40,000 Q.-Fuß in den 4 Monaten oder 120 Tagen, welche etwa durchschnittlich die Vegetation unserer Culturpflanzen dauert, 1,600,000 Pfd. Wasser; die Hälfte davon, also 800,000 Pfund, beträgt aber nach der oben (S. 123) mitgetheilten Tabelle etwas weniger als die Hälfte von dem, was ein Morgen mit Sonnenblumen (oder mit Topinambours) oder ein Morgen mit Kohl in derselben Zeit verbraucht, etwa nur $^1/_8$ von dem, was ein Morgen Wiesenland in den 120 Vegetationstagen ausdunstet.

Die auf der obigen Tabelle unter Nr. 5 erwähnten Beobachtungen fielen in den Sommer des Jahres 1848, der sich durch große Fruchtbarkeit und vortreffliches Gedeihen der Feldfrüchte, namentlich auch der Gerste und des mit ihr zugleich gesäeten Klees auszeichnete. Nach den fortgesetzten Beobachtungen hätte 1 Morgen mit Hafer und Klee besäet vom 12. April bis zum 19. August wenigstens 1,642,668 Pfd. Wasser verbraucht; vom 1. April bis zum 19. August desselben Jahres waren aber in Jena als Regen und Thau nur 1,544,000 Pfd. Wasser auf den Morgen gefallen, wovon nach dem oben erwähnten nur 772,000 Pfd. den Pflanzen zu Gute kommen konnten, also nicht einmal die Hälfte von dem, was sie doch in der That verbraucht haben, und gleichwohl sind die Pflanzen dabei üppig gediehen. Aus diesen Thatsachen folgt ganz unwiderleglich, daß es für die Pflanzen noch eine andere Vermittlung geben muß, wodurch ihnen das Wasser zugeführt werden kann, als durch Regen, Thau u. s. w. geschieht. Diese Vermittlung, ohne welche die Pflanzen gar nicht gedeihen könnten, liegt in dem Verhalten der Bodenbestandtheile zu dem in der Luft enthaltenen Wasserdunst.

Fast jedem Körper kommt die Eigenthümlichkeit zu, Wasserdunst aus der Luft auf seiner Oberfläche zu verdichten, der Luft auf diese Weise einen Theil ihrer Feuchtigkeit zu entziehen (Band II. Seite 64 und 65). Diese Eigenschaft kommt den verschiedenen Bestandtheilen des Bodens in sehr verschiedenem Grade zu; unter den Bestandtheilen des Urbodens ist sie am schwächsten beim Sande, am stärksten beim Thon. Die verschiedenen organischen Bestandtheile der Dammerde, welche wir unter Humus zusammenfassen, übertreffen aber gerade in dieser Eigenschaft bei weitem alle unorganischen Bestandtheile, und deshalb finden wir eine üppige Ernährung der Pflanzen so häufig an die Gegenwart von Humusbestandtheilen im Boden gebunden, ohne daß daraus nur das geringste folgte für die Ansicht, daß der Humus selbst Nahrungsmittel der Pflanzen sei.

Es beschränkt sich nun aber diese Eigenschaft der Bodenbestandtheile kei-

Digitized by

neswegs allein auf die atmosphärische Feuchtigkeit. In derselben Weise wie jene Bestandtheile die Fähigkeit haben, die Wasserdünste der Atmosphäre zu verdichten und in sich aufzunehmen, kommt ihnen auch die Eigenschaft zu, Kohlensäure und Ammoniakgas der Luft zu entziehen und zu absorbiren. Auch in dieser Beziehung übertrifft der Humus bei weitem alle unorganischen Bodenbestandtheile, und wir sehen also, daß der Humus eins der kräftigsten Mittel ist, um den Pflanzen reichlich alle von ihnen geforderten Nahrungsstoffe zuzuführen, ohne selbst im geringsten die Rolle eines Nahrungsmittels zu übernehmen.

2. Zu den Nahrungsstoffen der Pflanzen gehören aber nicht nur die organischen Elemente (§. 62.), sondern eben so sehr die unorganischen Stoffe oder Aschenbestandtheile der Pflanzen (§. 63.). Diese stammen zwar als aus ihren ersten Quellen von den Verwitterungsproducten des Urbodens ab. Wo aber eine recht üppige Vegetation sich entwickeln soll, müssen auch jene Elemente in größter Menge und in der bequemsten Form vorhanden sein. Die Verwitterung geht aber sehr langsam vor sich, der Urboden kann stets nur eine geringe Menge von auflöslichen unorganischen Elementen enthalten, weil er durch jeden Regen ausgelaugt wird, woher eben der Gehalt unserer Quellen und Bäche an unorganischen Bestandtheilen stammt. Die organischen Ueberreste dagegen, welche wir Humus nennen, enthalten alle dem Pflanzenbedürfniß entsprechenden unorganischen Stoffe natürlich in den passendsten Verbindungen, größtentheils aber so eng mit der organischen Substanz verbunden, daß sie der letzteren durch die auflösende Kraft des Wassers allein nicht entzogen werden können, sondern nur durch die Verwesung, die viel rascher, als die Verwitterung fortschreitet, in Freiheit gesetzt und so der Pflanze zur Aufnahme dargeboten werden. Je reicher daher ein Boden an Humus ist, desto reicher ist er auch an den unentbehrlichen unorganischen Nahrungsstoffen und kann dadurch allein schon eine üppige Entwickelung der Pflanzenwelt hervorrufen. So vereinigen sich hier schon die beiden wichtigsten Lebensbedingungen der Pflanze, um uns die günstige Wirkung des Humus für die Ernährung der Pflanze begreiflich zu machen, ohne daß wir entfernt daran zu denken brauchten, daß Humus selbst als Nahrungsmittel der Pflanze zu betrachten sei.

3. Wir können hier endlich noch eins erwähnen, was nicht ohne Einfluß auf die Pflanzenwelt sein kann. Die gesunde Vegetation der Pflanze ist auch an eine gewisse Temperatur des Bodens gebunden. Je höher dieselbe innerhalb gewisser Grenzen ist, desto kräftiger ist auch die Entwickelung der Pflanzen. Die meisten Pflanzen bedürfen einer Bodentemperatur, welche die der Atmosphäre um mehrere Grade übersteigt. Um diese Unterschiede anschaulich zu machen, theile ich hier die Resultate der

Digitized by Google

Beobachtungen Schübler's (A) und Decandolle's (B) in Tabellenform zusammengestellt mit.

	A. Mittlere Temperatur der		B. Mittlere Temperatur der			
	Erdoberfläche.	Luft im Schatten.	Erdoberfläche.	3 Zoll unter der Oberfläche.	4 Fuß unter der Oberfläche.	Luft im Schatten.
Januar	+ 9,8	— 3,3	+ 4,89	+ 2,88	+ 3,28	+ 2,73
Februar	24,1	+ 4,9	6,10	3,16	2,92	2,17
März	30,0	6,5	9,42	4,97	2,72	2,71
April	39,8	13,2	20,85	12,75	7,25	8,07
Mai	44,1	15,7	21,38	14,40	10,05	10,59
Juni	47,9	19,2	25,48	18,49	13,11	12,85
Juli	50,8	21,9	27,30	18,37	14,59	13,86
August	43,6	16,4	28,44	19,95	16,27	15,01
Septbr.	39,0	16,0	22,55	16,98	15,16	13,49
October	21,7	4,8	12,36	9,93	11,90	8,81
November	18,1	3,6	6,79	5,18	7,51	4,23
December	12,1	1,6	1,44	0,57	3,09	0,03
Jahresmittel	+ 31,75	+ 10,04	+ 15,58	+ 10,58	+ 9,03	+ 7,87

Schon bei dieser Tabelle fällt nicht nur der bedeutende Unterschied, der zwischen der Boden- und Lufttemperatur stattfindet, sondern selbst die außerordentliche Höhe der Bodentemperatur für sich auf. Nach Decandolle stieg am 16. Juni die Bodentemperatur sogar auf 54° Reaumur. Einige andere Beispiele hoher Bodentemperaturen, die gleichwohl der Vegetation theils nicht nachtheilig waren, theils sogar für die vortheilhafte Cultur unumgänglich nothwendig sind, habe ich in Folgendem zusammengestellt:

Ort.	Bodentemperatur in Centigraden.	Bemerkungen.	Beobachter.
Cap . . .	70,5	Boden eines Zwiebelgartens	John Herschel
Aegypten .	56,00 — 62,25	—	Edwards und Collin.
Unterd. Tropen	52,25 — 56,7	—	Humboldt.
Frankreich .	47,75 — 50	—	Arago.
Lantao (China)	45,00	Wasser der Reisfelder	Meyen.

Digitized by Google

Die höhere Bodentemperatur steht nun aber nach allen bisherigen Beobachtungen im engsten Zusammenhange mit der Farbe desselben; je dunkeler ein Boden gefärbt ist, um so bedeutender wird derselbe von den Sonnenstrahlen durchwärmt. Humboldt fand auf der canarischen Insel Grazioſa unmittelbar nebeneinander einen weißen und einen schwarzen Sand, der erste zeigte eine Temperatur von 40° C., der letzte von 54°,2 C. Schübler stellte Versuche mit den verschiedensten Erdarten an, deren Oberfläche er künstlich weiß und schwarz färbte. Die weißgefärbten Bodenarten nahmen Temperaturen von 33°,0 bis 34°,0, die schwarzgefärbten von 39°,0 bis 41°,0 Reaumur an. Nun ist aber bei unsern Bodenarten im Allgemeinen das schwarzfärbende Mittel der Humus, von der größeren oder geringeren Beimengung desselben hängt gewöhnlich die dunklere oder hellere Färbung der Erde ab. So erhalten wir denn eine dritte Eigenschaft des Humus, welche seinen großen Werth für die Vegetation bedingt, indem er die Erwärmungsfähigkeit des Bodens erhöht, ohne deshalb als Nahrungsstoff zu wirken.

b. Die Atmosphäre.

§. 71. Die Atmosphäre erhält ihre große Bedeutung für die Pflanzenwelt einmal durch die meteorologischen Erscheinungen, für welche wir hier zunächst auf Bd. II. §. 135, ff. verweisen wollen, und zweitens durch ihre chemische Zusammensetzung. In dieser letzteren Beziehung ist sie gleichsam die große Vorrathskammer für die organischen Nahrungsstoffe der Pflanze. Den Vulcanen und dem vulkanischen Boden entströmen beständig große Mengen von Kohlensäure und Ammoniak, die Verbrennungs-, Verwesungs- und Fäulnißprocesse liefern ihre Producte »Kohlensäure und flüchtige Ammoniakverbindungen« an die Luft, beim Verfaulen der Proteinverbindungen entweicht ihr Schwefel- und Phosphorgehalt als Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas in die Atmosphäre. Erst aus diesem großen Vorrath dringen diese wichtigen Stoffe nebst den Wasserdünsten, angezogen von den absorbirenden Bestandtheilen des Bodens, in diesen ein, und werden so der Pflanze zugeführt. Da die Production und der Verbrauch der genannten Substanzen aber stets an bestimmte Oertlichkeiten auf der Erde gebunden sind, so gewinnen für die Vegetation die Bewegungserscheinungen in der Atmosphäre, welche wir als Wind und Sturm bezeichnen, einen so großen Einfluß, indem sie beständig eine gleichförmige Mischung aller Bestandtheile in der Luft erhalten und es so unmöglich machen, daß jemals an irgend einem Orte Mangel eintreten oder sich ein schädlicher Stoff im Uebermaaße anhäufen könne. Später werden wir auf diese Verhältnisse noch einmal zurückkommen müssen.

Digitized by Google

c. Die Wärme.

§. 72. Keinem ist es unbekannt, daß viele Pflanzen unserer Gärten im Winter bedeckt werden müssen, wenn sie nicht erfrieren sollen, daß manche Pflanze, die wir im Zimmer überwintern, auch bei der sorgfältigsten Bedeckung im Freien zu Grunde gehen würde. Wir wissen, daß die Bewohner der Tropenländer auf den Genuß unserer Aepfel und Birnen verzichten müssen, weil diese Bäume bei einer so hohen Temperatur nicht zum Blühen und Fruchtreifen oder überhaupt nicht zur Entwickelung gelangen. Wir brauchen diese alltägliche Erfahrung nur in wissenschaftlicher Form auszusprechen, um das Naturgesetz zu erhalten: jede Pflanzenart ist in ihrem Gedeihen an ganz bestimmte Temperaturverhältnisse gebunden, welche nach keiner Seite hin überschritten werden dürfen. Diese Abhängigkeit der Pflanzen von der Temperatur der sie umgebenden Luft läßt sich nun auf sehr mannichfache Weise auffassen und bestimmen, und wir werden die große Wichtigkeit, welche diese Kenntniß für alle Zweige der Pflanzencultur hat, erst dann richtig würdigen können, wenn wir diese Verhältnisse in ihrer ganzen Gesetzmäßigkeit festgestellt haben. Vorläufig sind wir dazu noch nicht im Stande, und wir müssen uns mit Anfängen und Andeutungen begnügen. Es fehlt hier wie überall an den Thatsachen der Erfahrung, und gerade diejenigen, welche am ersten dazu berufen gewesen wären, diese Thatsachen zu sammeln, die landwirthschaftlichen Institute, haben hier wie überall gar nichts geleistet. Jeder Bauer weiß, daß das Steigen und Fallen der Wärme in gleichem Maaße wie die Zufuhr der Feuchtigkeit das Gedeihen der Culturpflanzen bedingt, aber die Lehrer der Landwirthschaft, welche dickleibige Bücher über Pflanzencultur geschrieben haben, sind stets zu geistlos oder unwissend gewesen, um eine gründliche Kenntniß der Abhängigkeit der Pflanzen von den Temperaturverhältnissen einzuleiten.

Die alleroberflächlichste Auffassung der hierher gehörigen Verhältnisse bestimmt nun die höchsten und niedrigsten Temperaturen, welche eine Pflanze ertragen kann. Dafür erwähne ich beispielweise Folgendes:

Es erfrieren	bei
Bohnen	+ 1° R.
Gurken, Kartoffeln . . .	— 0° R.
Myrten, Orangen, Citronen . . .	— 2—4° R.
Lorbeern	— 5—7° R.

Digitized by Google

Es erfrieren	bei
Cypreſſen, Feigen	— 7 — 9° R.
Kirſchlorbeern, Pinien	— 8 — 11° R.
Buxbaum	— 16 — 20° R.
Weinſtock	— 20 — 21° R.
Mandeln, Pfirſich, Aprikoſen, Centifolien, Mispeln	— 21 — 24° R
Wallnuß, Kaſtanien	— 24 — 26° R.
Pflaumen, Kirſchen	— 25 — 26° R.
Aepfel, Birnen	— 25 — 27° R.
Wachholder	— 30 — 40° R.

Die Samen von	reifen nicht mehr bei einer Temperatur über
Aepfeln	22°
Flachs	23°
Kartoffeln	24°
Weizen	24°

Dieſe letztern Mittheilungen ſind von Bouſſingault, obwohl ſehr oberflächlich und unverſtändlich.

Eine etwas beſſere Methode giebt die mittlere Jahrestemperatur an, welche die Pflanzen bedürfen, um gedeihen zu können.

Es bedarf um zu wachſen	eine mittlere Jahrestemperatur von wenigſtens
Weizen	4° C.
Wein	9° C.
Oelbaum	14,5° C.
Baumwolle, Zuckerrohr	19° C.
Dattel	26° C.

Es verſteht ſich aber ſchon ohne großes Nachdenken von ſelbſt, daß die Angabe der mittleren Jahrestemperatur für die ſogenannten einjährigen Pflanzen, oder richtiger für die Sommergewächſe, gar keine Bedeutung hat. Man muß alſo der mittleren Jahrestemperatur wenigſtens noch die

Digitized by Google

mittlere Sommertemperatur hinzufügen, wenn man eine Einsicht in dies Verhältniß gewinnen will. So erfordert

	eine mittlere Sommerwärme
1. Weizen	13° C.
2. Wein	18° C
3. Baumwolle und Zuckerrohr . .	19° C.
4. Oelbaum	23° C.
5. Dattel	26° C.

Auch diese Angaben aber schmiegen sich nicht genau genug den Vegetationsverhältnissen an, und so ist man in neuerer Zeit, insbesondere durch Bouſſingault dazu geführt, die mittlere Temperatur der wirklichen Vegetationszeit zu berücksichtigen, dafür sind nun zwei verschiedene Vorschläge gemacht. Die Einen nehmen mit Bouſſingault die Summe der mittleren Temperaturen aller Vegetationstage, die Andern nach dem Vorgange von Quetelet die Quadrate der mittleren Temperaturen. Das Letztere ist wesentlich vom Ersteren verschieden; denn, wenn eine Pflanze an einem Ort zwei Tage mit einer mittleren Temperatur von 10°, an einem andern Orte einen Tag mit einer mittleren Temperatur von 20° vegetirt, so ist nach der ersten Berechnungsweise die Wärmemenge, die sie empfangen, in beiden Fällen gleich, nämlich 20°; nach der zweiten Berechnungsweise dagegen wird der Einfluß der Wärme das einemal nur halb so groß sein, wie das andere mal, denn $10^2 + 10^2 = 200$ und $20^2 = 400$. Nun scheint allerdings die zweite Berechnungsweise nach den Quadraten der Temperatur sich den wirklichen Beobachtungen etwas genauer anzuschließen, als die Berechnung nach den Summen der Temperatur. Jedoch genügen die bis jetzt gemachten Beobachtungen noch nicht, um darüber zu entscheiden; sie sind nämlich nur an perennirenden Gewächsen gemacht, die außer von der Temperatur, welche sie während ihrer lebendigen Vegetation im Sommer genießen, auch noch von der Temperatur, welche sie im vorigen Jahre genossen haben, in ihrer Entwickelung abhängig sind. Beim Weinstock z. B. ist es eine alte Erfahrung der Weingärtner, daß seine gesunde Entwickelung abhängig ist von dem vorhergehenden Jahre, oder, wie man sich ausdrückt, davon, ob das Holz »reif« geworden ist. Diese vorhergehende Temperatur und ihr Einfluß läßt sich nun aber zur Zeit noch gar nicht in Rechnung ziehen.

Für die eigentlich praktischen Zwecke reichen wir aber auch mit den allgemeinen Bestimmungen über die mittlere Temperatur der Vegetationszeit nicht aus, man muß vielmehr noch die einzelnen Perioden von einander sondern. Zur Erläuterung dieser ganzen Sache führe ich hier noch Folgendes aus. Bei den meisten Pflanzen, die bis jetzt beobachtet sind,

Digitized by Google

ist je nach den verschiedenen äußeren Verhältnissen die Zeit, in welcher sie ihre Vegetation vollenden, äußerst verschieden.

So dauert die Vegetation des Weizens:

zu Turmero in Südamerika . .	92	Tage,
in Newyork	122	»
im Elsaß	137	»
in Bogota in Südamerika . .	147	»
bei St. Pablo in Südamerika .	181	»

Es dauert die Vegetation der Gerste:

im Elsaß	92	Tage,	
bei Wernigerode . . .	106	»	1847
bei Kopenhagen . . .	113	»	1838
» » . . .	120	»	1844
bei Cumbal in Südamerika	168	»	

Es dauert die Vegetation der Kartoffel:

bei Kopenhagen . . .	124	Tage,	1838
» Wernigerode . . .	168	»	1847
» Bogota in Südamerika	200	»	
» Antisana in »	276	»	

Multiplicirt man aber die Zahl der Tage mit ihrer mittleren Temperatur, so kommen für jede Pflanze so nahebei gleiche Producte zum Vorschein, daß man die Ungleichheit wohl den mangelhaften Betrachtungen zuschreiben kann, indem meist nur sehr allgemeine Angaben, die nicht gerade für diesen Zweck angestellt waren und insbesondere auch nicht ganz genau auf die gleichen Localitäten sich beziehen, benutzt werden konnten. Ich will als Beispiel hier die Angaben über die Kartoffel zusammenstellen:

Ort	Vegetationstage	Mittlere Temperatur	Product
Venezuela	120	25°,5 C.	3060° C.
Merida	137	22°,0 C.	3060° C.
Alais	153	21°,1 C.	3228° C.
Elsaß	157	18°,2 C.	3039° C.
Bogota in Südamerika .	200	14°,7 C.	2930° C.
Tusuqui » » .	200	15°,5 C.	3180° C.
Antisana in » .	276	11°,0 C.	3036° C.
Cambugan in » .	330	9°,5 C.	3192° C.

Diese Uebereinstimmung ist zu auffallend, um nicht auf ein zu Grunde liegendes Naturgesetz zu führen, welches auszusprechen wir aber erst dann

Digitized by

im Stande sein werden, wenn uns ganz genaue Angaben mit gleichzeitiger Berücksichtigung der besondern Spielarten, des Düngungszustandes der Felder und der Feuchtigkeitsverhältnisse vorliegen. Daß diese letzteren wesentlich in Betracht kommen, zeigt folgende Reihe von Angaben, die sich ebenfalls auf die Kartoffeln, aber von lauter nördlichen Standorten, beziehen, wobei die Productenzahlen sich bei weitem niedriger stellen.

Jahr	Ort	Vegetationstage	Mittlere Temperatur	Product
1838	bei Kopenhagen .	124	13°,02 R.	2016° C.
1841	» »	147	12°,10 R.	2224° C.
1842	» »	166	11°,73 R.	2434° C.
1847	» Wernigerode .	168	42°,76 R.	2680° C.
	» Mühlhausen .	133	15°,56 R.	2586° C.

Hier zeigt sich in den beiden letzten Fällen, wo die Orte südlicher und trockner gelegen sind, schon eine auffallende Annäherung an die ersten Angaben.

Es schwankt aber nicht nur die Zahl der Tage, in welchen die Pflanzen ihre ganze Vegetation vollenden, sondern auch sehr merklich die Zahl der Tage für die einzelnen Perioden der Vegetation, selbst dann noch, wenn die Vegetation im Ganzen nahebei gleichbleibt oder doch in viel engeren Schranken wechselt. Dafür mögen folgende Zusammenstellungen den Beweis liefern.

Name	Jahr	Zeit vom Ausschlag. bis zur Blüthe	Zeit von der Blüthe bis zur Fruchtreife	Zeit vom Ausschlag. bis zum Blattfall	Ort
Roßkastanie	1829	28 Tage	123 Tage	198 Tage	Breslau
»	1841	31 »	—	212 »	Brüssel
»	1842	29 »	—	217 »	»
»	1843	25 »	—	216 »	»
»	1844	21 »	--	204 »	»
Wallnuß	1829	70 »	127 Tage	166 »	Breslau
»	1843	— »	—	188 »	Brüssel
»	1844	— »	—	180 »	»
Pflaume	1829	6 »	119 Tage	188 »	Breslau
»	1841	14 »	—	22 »	Brüssel

Digitized by Google

Name	Jahr	Zeit vom Ausschlagen bis zur Blüthe	Zeit von der Blüthe bis zur Fruchtreife	Zeit vom Ausschlag bis zum Blattfall	Ort
Pflaume	1842	19 Tage	— Tage	211 Tage	Brüssel
»	1843	5 »	— »	— »	—
»	1844	3 »	— »	196 »	—
Apfel	1829	10 »	103 »	184 »	Breslau
»	1841	31 »	— »	226 »	Brüssel
»	1842	28 »	— »	223 »	—
»	1843	25 »	— »	226 »	—
»	1844	15 »	— »	212 »	—
Johannisbeere	1829	24 »	66 »	226 »	Breslau
»	1841	8 »	75 »	— »	Brüssel
»	1842	19 »	74 »	239 »	»
»	1843	5 »	80 »	231 »	»
»	1844	8 »	62 »	220 »	»
Linde	1829	70 »	145 »	202 »	Breslau
»	1841	51 »	— »	199 »	Brüssel
»	1842	56 »	— »	211 »	»
»	1843	74 »	— »	201 »	»
»	1844	72 »	— »	202 »	»
Wein	1829	55 »	79 »	166 »	Breslau
»	1841	62 »	— »	— »	Brüssel
»	1842	53 »	— »	— »	»
»	1843	75 »	87 »	202 »	»
»	1844	64 »	129 »	196 »	»

Nehmen wir hier die Linde als Beispiel heraus, so verhalten sich die gesammten Vegetationstage wie 100 : 101,0 : 101,5 : 101,5 : 106,0; die Tage bis zur Blüthe dagegen wie 100 : 109,8 : 137,2 : 141,2 : 145,1, d. h. die Schwankungen betragen bei den ersteren nur 6 Procent, bei den letzteren dagegen fast 50 Procent. Bei der Johannisbeere ist dieses Mißverhältniß noch auffallender, indem die Schwankungen der Vegetationstage nicht ganz 9 Procent, die der Tage bis zur Blüthezeit dagegen 380 Procent betragen. Endlich bei der Pflaume betragen die ersten 17 Procent, die letzten 533 Procent.

Daß auch hier die Summen oder die Quadrate der Temperaturen, welche auf die Pflanze in der bestimmten Periode einwirken, das Bedingende

sind, ist überwiegend wahrscheinlich. Leider fehlt es uns aber auch hier noch an vergleichbaren Beobachtungsreihen. Nur beispielsweise führe ich hier Einiges an; die erste Tabelle (I) enthält einige Angaben über bekannte Pflanzen nach der Methode der Summen der Temperatur berechnet. Sie kann dazu dienen, zu zeigen, welche sehr verschiedene Ansprüche die verschiedenen Pflanzenarten auch in ihren einzelnen Lebensabschnitten an die Wärme machen. Diese Tabelle (I) ist nach den von Göppert 1829 in Breslau angestellten Beobachtungen ausgearbeitet, und behält ihren Werth für die Vergleichung der Pflanzen unter einander ohne Frage bei, wenn auch die Zahlen für jede einzelne Pflanze nicht als maaßgebend angesehen werden können, schon deshalb, weil anfänglich alle 2, dann alle 4 und endlich gar nur alle 8 Tage beobachtet wurde. Auch ist die erste Periode hinsichtlich ihres Anfanges rein willkührlich, denn wahrscheinlich tritt das Erwachen der Vegetation weder bei allen Pflanzen zugleich ein, noch ist es an einen bestimmten Tag zu binden, denn der Uebergang von dem langsamern Lebensproceß im Winter zum beschleunigtern im Sommer ist kein plötzlicher, und wie schon oben bemerkt, kommen hierbei alle die vorhergegangenen Einflüsse, namentlich auch die Temperatur des Herbstes und Winters mit in Frage. Die großen Verschiedenheiten in der Vegetation der einzelnen Pflanzen werden durch solche Tabellen nicht allein recht anschaulich gemacht, sondern auch auf einen bestimmten wissenschaftlichen Ausdruck zurückgeführt. In dieser Beziehung sind insbesondere die 6te und 9te Columne auf unserer Tabelle und die Vergleichung beider äußerst interessant. Man übersieht, wie manche Pflanzen sehr rasch zur Blüthe kommen, aber sehr langsam ihre Früchte reifen, wie Pflaumen und Apfel, andere dagegen verhältnißmäßig viel mehr Wärme zur Blüthenentwickelung als zur Fruchtbildung in Anspruch nehmen, wie die Himbeere und Linde.

Der Anfangstag der ersten Columne bleibt immer das schwierigste, und gleichwohl ist gerade dieser Punkt für die Beurtheilung der Vegetation höchst wichtig. Ein Versuch, sich von dieser Schwierigkeit los zu machen, bestand darin, die mittlere Temperatur des Tages zu bestimmen, an welchem die Pflanzen ausschlagen, ihre Blätter zu entwickeln beginnen, weil man glaubte, beobachtet zu haben, daß dies jedesmal regelmäßig stattfinde, wenn die mittlere Temperatur des Tages einen für jede Pflanze bestimmten Grad erreicht, womit ein unveränderlicher Anfang gefunden wäre. Allein dies ist keineswegs so unbedingt richtig, sondern hängt von der vorhergehenden Temperatur ab, auch ist es keineswegs für die folgende Entwickelung gleichgültig, ob eine vorhergehende Lebensperiode langsam oder rasch verlaufen ist. Beispielsweise will ich hier folgende Zahlenangaben mittheilen, welche die mittlere niedrigste Temperatur des

Digitized by Google

Tabelle I.

Namen	1. Vom Aufhören der Fröste am 1. März bis zum Ausschl.	2. Mittlere Temperatur der Tage	3. Product	4. Vom Ausschlagen bis zur Blüthe	5. Mittlere Temperatur	6. Product	7. Vom Blühen bis zur Fruchtreife	8. Mittlere Temperatur	9. Product	10. Von der Fruchtreife bis zum Blattfall	11. Mittlere Temperatur	12. Product
Pflaumen .	57 Tage	+ 5,22	297,5	6 Tage	+ 3,83	23,0	119 Tage	+11,30	1344,7	63 Tage	+ 9,16	577,1
Sauerkirschen	53 »	5,02	266,1	10 »	4,82	48,2	63 »	9,99	629,4	119 »	12,15	1445,8
Aepfel . .	53 »	5,02	266,1	10 »	4,82	48,2	103 »	11,23	1156,7	71 »	10,50	745,5
Quitte . .	57 »	5,22	297,5	42 »	7,75	325,5	115 »	12,82	1474,3	40 »	4,60	184,0
Stachelbeere	28 »	— 0,27	—	20 »	6,68	133,6	78 »	8,92	695,8	119 »	12,15	1445,8
Johannisbeere	28 »	— 0,27	—	24 »	6,79	163,0	66 »	8,59	566,9	136 »	11,91	1619,8
Himbeere .	47 »	+ 3,87	181,9	42 »	7,78	326,8	27 »	13,08	353,2	128 »	11,39	1457,9
Roßkastanie	47 »	3,87	181,9	28 »	6,95	194,6	123 »	11,56	1422,0	47 »	7,91	371,8
Wallnuß .	61 »	5,04	307,4	70 »	7,17	501,9	127 »	11,63	1477,0	29 »	8,62	250,0
Weinstock .	64 »	4,97	318,1	55 »	9,54	524,7	79 »	15,44	1219,8	32 »	8,62	275,8
Sommerlinde	56 »	5,22	297,5	70 »	9,16	641,2	55 »	13,81	759,5	55 »	9,84	541,2

Digitized by Google

Tages angeben, an welchem die Pflanzen ausschlagen, in Blüthe treten und reifen.

Namen	Mittlere Temperatur des Tages, an welchem die Pflanzen ausschlagen,	zu blühen anfangen,	ihre Früchte reifen
Stachelbeere . .	+ 5°,25 C.	—	—
Johannisbeere . .	+ 6°,10 C.	—	+ 16°9 C.
Roßkastanie . .	+ 7°,5 C.	+ 11°,5 C.	—
Apfel	+ 7°,6 C.	+ 9°,1 C.	—
Sauerkirsche . .	+ 7°,8 C.	+ 8°,2 C.	+ 15,9 C.
Weinstock . . .	+ 10°,5 C.	—	+ 22°,5 C.

Ich füge hier schließlich noch eine zweite Tabelle (II) hinzu, welche an einem einzelnen Beispiele zeigen soll, wie die Bestimmung der Summen der mittleren Temperatur oder die Summe der Quadrate der mittleren Temperaturen sich auf eine merkwürdig genaue Weise an die wirkliche Beobachtung anschließt. Nach den von Quetelet gemachten Beobachtungen bedarf die Syringe oder der sogenannte spanische Hollunder, um zur Blüthe zu kommen, eine Temperaturmenge, welche durch die Zahl 476 bezeichnet wird, wenn man, vom ersten frostfreien Tage an gerechnet, die mittleren Temperaturen der Tage zusammenzählt, oder durch die Zahl 4296, wenn man die Quadrate der mittleren Temperaturen addirt. Fängt man nun in irgend einem Jahre vom ersten frostfreien Tage an die mittleren Temperaturen der Tage zusammen zu zählen, so muß der Tag, an welchem man die Zahl 476 erreicht, auch der Tag sein, an welchem die Blüthen der Syringe sich öffnen; eben dasselbe Resultat muß man erhalten, wenn man die Quadrate der mittleren Temperaturen zusammenzählt, bis man die Zahl 4296 erreicht. In wie weit eine solche Berechnung der Blüthenzeit mit der wirklichen Blüthezeit übereinstimmt, mag die folgende Tabelle eben nachweisen.

Tabelle II.

Jahr	Erster frostfreier Tag	Das Eintreten der Blüthe von Syringa vulgaris bestimmt durch die Summe der mitleren Temperaturen	durch d. Summe der Quadrate der mittleren Temperaturen	durch die Beobachtung
1839	14. März	10,5 Mai	9,3 Mai	10. Mai
1840	3. »	4,0 »	2,2 »	28. April
1841	2. »	23,5 April	23,0 April	24. »
1842	27. Januar	22,5 »	27,3 »	28. »
1843	25. »	19,5 »	19,7 »	20. »
1844	25. »	22,0 »	23,5 »	25. »
	Im Mittel =	27,0 April	27,5 April	27,5 April

Digitized by Google

Diese Tabelle kann zugleich dazu dienen, die Richtigkeit der schon früher angeführten Ansicht zu beweisen, daß die Methoden der Quadrate sich genauer an die Natur anschließt, als die der bloßen Summen, d. h. aber nichts anderes, als daß die Wärme, die eine Pflanze gebraucht, um so vortheilhafter auf ihre Entwickelung einwirkt, in einem je kleineren Zeitraum sie der Pflanze dargeboten wird, denn, wie schon erwähnt, kann nur unter dieser Voraussetzung die Methode der Quadrate ein mit der Natur übereinstimmendes Resultat geben. Daß indeß auch hier eine Grenze ist, welche nicht überschritten werden darf, und daß es auch ein Maximum der Temperatur für jede Pflanze giebt, über welches hinaus die Vegetation nicht mehr beschleunigt, sondern gestört wird, das wird noch später bei der speciellen Betrachtung der Cultur ausführlicher zu erörtern sein.

Ehe ich diese Betrachtungen schließe, muß ich hier noch zweier Verhältnisse erwähnen, die ebenfalls fast ganz von der Temperatur abhängig sind, nämlich die Veränderungen der Vegetation nach der Erhebung über dem Wasserspiegel und nach der größeren Breite. Die wenigen Beobachtungen über den ersten Punkt, in Sachsen 1833 — 1834 angestellt und von Berghaus mitgetheilt, sind in der folgenden Tabelle zusammengetragen.

Für tausend Fuß Erhebung über den Meeresspiegel verspätet sich der Eintritt

bei	der Blüthe	der Erndte
Winterweizen um	22 Tage	22 Tage
Roggen . . »	13 »	22 »
Hafer . . . »	20 »	14 »
Gerste . . »	22 »	22 »
Kartoffel . . »	23 »	5 »

In der anderen Beziehung kann man nach allgemeinen Beobachtungen annehmen, daß das Ausschlagen und der Eintritt der Blüthe sich für jeden höheren Grad der Breite etwa um 4 Tage verspätet. In Europa entspricht jeder Grad der Breite aber einer Temperaturabnahme von etwa 0,516° R., und man würde diese Temperaturdifferenz vielleicht recht gut an die Stelle jenes geographischen Unterschiedes setzen können. Für die Fruchtreife und selbst schon für die spätblühenden Pflanzen findet aber jenes Gesetz keine Anwendung

d. Das Licht.

§. 73. Daß das gesunde Gedeihen der Pflanzen abhängig ist von der Einwirkung des Lichtes ist eine zu bekannte Thatsache, als daß es nöthig wäre, darüber ein Wort zu verlieren. Schwierig aber ist es, die Einwirkung des Lichtes im Einzelnen zu verfolgen und zu erklären. Nach dem gegenwär-

Digitized by Google

tigen Stande unserer Kenntnisse müssen wir annehmen, daß der Einfluß des Lichtes lediglich in seiner Einwirkung auf den chemischen Proceß zu suchen sei. Daß dieser letztere aber bedeutend ist, kann nicht bezweifelt werden, wenn wir nur an die bekanntesten Thatsachen erinnern. Füllen wir eine Flasche mit einem Gemenge von Chlorgas und Wasserstoffgas, und bewahren dieselbe gut verschlossen in einem völlig finsteren Raume, so finden wir nach Jahren noch beide Gasarten unverbunden und nur gemengt wieder. Setzen wir die Flasche dem gewöhnlichen Tageslichte aus, so ist nach einiger Zeit in der Flasche (wenn wir das richtige Verhältniß getroffen hatten) weder Chlorgas noch Wasserstoffgas vorhanden, beide Bestandtheile haben sich vielmehr zu Salzsäure vereinigt. Unterstellen wir endlich eine solche Flasche der directen Einwirkung der Sonnenstrahlen, so vereinigen sich beide Gasarten plötzlich unter Explosion zu Chlorwasserstoffgas. Die ganze Kunst der Photographie oder Daguerreotypie beruht bekanntlich auf der chemisch wirkenden Kraft der Lichtstrahlen. Daß aber diese Kraft, welche so bedeutende Verbindungen und Zersetzungen im Gebiete der unorganischen Natur hervorzurufen im Stande ist, auch in den chemischen Processen des organischen Lebens nicht unthätig sein werde, ist schon deshalb wahrscheinlich, weil wir ohnehin im Allgemeinen die Trennungen und Verbindungen in der organischen Chemie weit leichter und schon auf unbedeutendere Einwirkungen hin erfolgen sehen, als bei den unorganischen Stoffen.

Die bisher beobachteten Thatsachen über die Ernährung der Pflanzen führen uns zu der sehr wahrscheinlichen Annahme, daß der hauptsächlichste chemische Proceß, durch welchen aus unorganischen Elementen die organischen gebildet werden, nämlich die Bindung der Kohlensäure in der Pflanze nur bei Tage unter Einfluß des Lichtes vor sich gehe. Ich nenne es nur eine wahrscheinliche Annahme, denn wir schließen darauf nur deshalb, weil sich die beobachteten Erscheinungen über die Aufnahme und Aushauchung von Gasarten durch die grünen Pflanzentheile am besten mit einer solchen Annahme vereinigen zu lassen scheinen. Einen wirklichen Beweis dafür, daß das Gewicht der organischen Stoffe der Pflanze nur während des Tages zunimmt, in der Nacht aber sich gleich bleibt, haben wir in der That nicht. Daß aber die chemischen Processe im Innern der Pflanzen bei Ausschluß des Lichtes wesentlich verschieden sind von denen, welche bei Tage stattfinden, giebt uns der Vergleich der fast mattgelben oder farblosen im Dunkel der Keller erzeugten Triebe und Blätter, z. B. an der Kartoffel oder der vom Licht abgeschlossenen sogenannten gebleichten Blätter an Sallat, Endivien u. s. w. zur Genüge zu erkennen. Es ist hier nicht allein die Abwesenheit der grünen Farbe, welche solche Pflanzen und Pflanzentheile von den gesetzmäßig entwickelten unterscheidet, son-

Digitized by Google

dern auch der Gehalt an durchaus anderen organischen Bestandtheilen. So bilden sich, namentlich bei Sallat und Endivien, die den Milchsaft dieser Pflanzen charakterisirenden scharfen und bitteren Bestandtheile in den Blättern nicht aus, so lange die Blätter vom Lichte geschützt sich entwickeln.

Mit dem Einfluß des Lichtes hängt aber ganz besonders auch das Auftreten der grünen Farbe der Pflanzen zusammen. Früher glaubte man, daß sich der grüne Farbstoff nur bei Einwirkung des Lichtes bilde, man träumte, daß dieser Farbstoff eine kohlenstoffreiche und sauerstoffarme Substanz sei, man phantasirte, daß das Sonnenlicht die von den Blättern aufgenommene Kohlensäure zersetze, daß der Kohlenstoff derselben im grünen Farbstoff fixirt und der Sauerstoff ausgehaucht werde. Viele Leute bedauern es noch heute, daß die schöne Zeit, wo man sich die Dinge so bequem zusammenträumen durfte, hoffentlich für immer vorbei ist, und daß man gegenwärtig mit dieser wohlfeilen Weisheit sogenannter geistreicher Combinationen sich den exacten Methoden der Chemie und Physik gegenüber nur lächerlich macht. Das Chlorophyll oder der grüne Farbstoff der Pflanzen ist ein sehr stickstoff- und sauerstoffreicher Körper (vergl. Bd. II. §. 50.), der bei Einfluß des Lichtes nicht erst gebildet wird, sondern nur seine grüne Farbe annimmt, und zwar nicht durch Entbindung von Sauerstoff, sondern gerade im Gegentheil durch einen Oxydationsproceß, wahrscheinlich in ähnlicher Weise wie der farblose Indigo in den blauen Indigo übergeht. Es ist endlich sehr wahrscheinlich, daß unter Einfluß des Lichts aus Gummi oder Zucker Sauerstoff ausgeschieden und jene Stoffe dadurch in Fett und Wachsarten umgewandelt werden, wie wir ja auch in der thierischen Oekonomie eine solche Bildung von Wachs aus Zucker bei den Bienen beobachten können. Es ist endlich wahrscheinlich, daß der auf diese Weise freiwerdende Sauerstoff eben zur Oxydation des farblosen Chlorophylls dient, denn wir finden das Chlorophyll immer mit wachsähnlichen Stoffen vergesellschaftet und den Proceß des Grünwerdens immer Schritt halten mit einem Verschwinden oder doch Vermindertwerden der schleimigen und süßen Stoffe eines Pflanzentheils.

Das ist ungefähr Alles, was wir zur Zeit über die Einwirkung des Lichtes wissen, wenn wir auf dem Boden der Erfahrung stehen bleiben und nicht phantasiren wollen.

e. Die Elektricität.

§. 74. Sind unsere Kenntnisse über die Einwirkung des Lichtes auf den Vegetationsproceß der Pflanzen schon sehr beschränkt, so sind sie es noch weit mehr in Bezug auf die Elektricität. Da wir wissen, daß jeder chemi-

Digitized by Google

sche Proceß sich mit elektrischen Spannungen und Ausgleichungen verbindet und die Elektricität mächtig in die chemische Thätigkeit eingreift (Bd. I. §. 93.), so ist allerdings von vorn herein wahrscheinlich, daß auch bei der Pflanze diese Kraft nicht ohne Einfluß auf den Chemismus der Assimilation sein werde. Einigermaßen bestimmte Thatsachen sind aber in Bezug auf dieses Verhältniß noch keineswegs gesammelt. Einige Forscher haben Versuche angestellt, welche beweisen, daß Pflanzen in einer mit Elektricität geschwängerten Luft sich ungleich üppiger entwickeln, als in gewöhnlicher Luft, man hat Gelegenheit, zu bemerken, daß nach starken Gewittern sich die Vegetation plötzlich in einer Weise entfaltet, welche man kaum der Einwirkung des gefallenen Regenwassers allein zuschreiben kann. Wie weit aber diese Einwirkungen sich erstrecken mögen, in welcher Weise dieselben vermittelt werden, welche Vorgänge im Pflanzenleben vorzugsweise von ihnen berührt werden, von allen dem wissen wir zur Zeit durchaus gar nichts und es bleibt uns nichts übrig, als hierin Alles zukünftigen Beobachtungen und Forschungen zu überlassen.

Anhang.

Ueber einige besondere Arten der Zellenbildungsprocesse in der Pflanze, so wie über ächte und unächte Schmarotzer.

§. 75. Das eigenthümlichste Wesen der Pflanze besteht im Wachsen, wie schon oben (§. 52.) entwickelt wurde, und in Bezug auf die Gestaltung ist die Zellenbildung der ganz allgemeine Ausdruck des pflanzlichen Wachsthumsprocesses. Jede Veränderung im Leben der ganzen Pflanze, jede Hemmung oder Beschleunigung ihrer Vegetation, jede Abweichung von ihrem gesetzmäßigen Entwickelungsgange muß sich daher auch in der Ausbildung der Zellen und in ihrem Leben darstellen und gleichsam abspiegeln.

Diese Eigenthümlichkeit kann sich in einer doppelten Weise zu erkennen geben und steht so zu den Zwecken unserer Cultur in einem wesentlich verschiedenen Verhältnisse. Die eine Art der Einwirkung suchen und fördern wir auf alle mögliche Weise, die andere wird, als den Zwecken der Cultur feindlich entgegentretend, Krankheit genannt, und wir streben nach Abhülfe, nach Mitteln gegen dieselbe. Es wird Manchem neu und seltsam vorkommen zu hören, daß dasjenige, was den Besitz und die Erhaltung von Culturpflanzen allein möglich macht, zugleich dasselbe ist, was am aller störendsten der Cultur entgegentritt und gleichwohl ist es vollkommen wahr.

Wir sagten, jede Abweichung von dem gesetzmäßigen natürlichen Gang der Vegetation, jede Abweichung von dem natürlichen Maaß der äußeren Einwirkungen auf das Leben und insbesondere auf die Ernährung der Pflanze muß sich als eine Abweichung von dem normalen Zellenbildungs-

Digitized by Google

proceß zu erkennen geben. Sehen wir davon ab, daß bei zu ſpärlicher Ernährung natürlich auch zu wenig Zellen gebildet werden, und in Folge deſſen die Pflanze ganz oder in einzelnen Theilen verkümmert, und halten wir uns mehr an das, was mit unſerem Hauptzweck in engerer Verbindung ſteht, ſo ſind es drei Formen, in denen ſich dieſer abweichende Zellenbildungsproceß ausſpricht:

1. Bis zu einer gewiſſen Grenze und bei normaler Miſchung der Nahrungsſtoffe ruft eine üppige Ernährung der Pflanze auch eine verſtärkte Zellenbildung, eine Vermehrung der einzelnen Zellen hervor; dies trifft am meiſten das Füllgewebe (§. 25.), welches in den Blättern zwiſchen den Gefäßbündeln liegt, oder welches Mark und Rinde der Stengel und Wurzeln ausmacht. Dabei bleiben aber die einzelnen Zellen ſelbſt normal gebildet, ihr Inhalt iſt höchſtens vermehrt, ſeltener ſind einzelne Stoffe vorherrſchender geworden, als ſie früher waren. Auf dieſe Weiſe eben ſind aus der wilden, kleinen, grünlichen und bitteren Kartoffel unſere großen ſchönen mächtigen Knollen, aus der dürren geſchmackloſen holzigen Spindelwurzel der wilden Möhre unſere zarte Carotte und unſere große fleiſchige Altringhammöhre, aus dem ſchmalen kleinen flachen Blatt des wilden Kohls das ſaftige krauſe Blatt unſeres Winterkohls hervorgegangen. In allen dieſen und ähnlichen Fällen tritt uns die reichlichere Zufuhr von Nahrungsſtoffen als eine Vermehrung des Zellengewebes entgegen, welche der ſich natürlich und geſetzmäßig entwickelnden Pflanze fremd iſt.

2. Wenn aber die Zufuhr der Nahrung einen gewiſſen Grad überſchreitet, wenn die Zuſammenſetzung der Nahrungselemente eine der betreffenden Pflanze nicht zuſagende iſt, dann erſcheint die Wirkung dieſer unnatürlichen Lebensbedingungen auch in der Form eines ganz neuen und abweichenden Zellenbildungsproceſſes. Es entſtehen zahlreiche neue Zellen, aber nicht in der Weiſe, wie ſie der Pflanze eigenthümlich ſind, ſondern in Form, Farbe und Inhalt weſentlich von derſelben verſchieden. In den Zellen des Eiweißkörpers bei der Gerſte entſtehen viele kleine bräunliche mit übelriechenden Stoffen erfüllte Zellchen, nach und nach werden dieſelben ſo zahlreich, daß die Zelle für ſie zu eng und von ihnen zerſprengt wird; der einen Zelle folgt eine andere, und noch eine, und zuletzt löſt ſich das ganze Gerſtenkorn in das ſchwarze Pulver des Staubbrandes auf. Ebenſo entſtehen in einzelnen Zellen unter der Oberhaut an den Blättern, Stengeln, Spelzen des Roggens kleine gelbliche Zellen, die bei ihrer raſchen Vermehrung die Zelle und zuletzt ſelbſt die Oberhaut ſprengen und dann in längeren oder kürzeren Streifen orangefarbenen Staubs als ſogenannter Roſt die Pflanze bedecken. Nichts iſt verkehrter, als die Anſicht, welche man zugleich mit ausſprechen will, wenn man dieſe und ähnliche

Digitized by Google

Pflanzenkrankheiten als »Lohe«, d. h. als etwas bezeichnet, was irgendwie als schädlich einwirkender Stoff, als ein giftiger Nebel und dergleichen aus der Atmosphäre stamme. Hier wie überall muß man die eigentlich krankmachende Ursache und die Veranlassung zum Ausbruch der Krankheit unterscheiden. Wer sich beim Essen mit Wein und Speisen den Magen überladen hat, und dann einer kühlen Zugluft oder naßkaltem Wetter sich aussetzt, wird an heftigem Katarrhe oder rheumatischen Leiden erkranken. Aber nicht die Zugluft hat ihn krank gemacht, sondern die Unmäßigkeit, welche den Gang seines ganzen Körpers in Unordnung brachte und demselben so die Fähigkeit nahm, einem äußern Einfluß zu widerstehen, der auf den gesunden Menschen schädlich einzuwirken gar nicht vermögend ist. So ist auch bei jenen Pflanzenkrankheiten die eigentliche Ursache der Krankheit in der Ernährungsweise der Pflanzen zu suchen, welche von der natürlichen bedeutend abweicht, die dadurch hervorgerufene Krankheit kommt aber leichter zum Ausbruch, wenn sich noch eigenthümliche äußere Umstände hinzugesellen, welche ebenfalls in besonderer Weise auf den organischen Bildungsproceß in der Pflanze einzuwirken im Stande sind, wie eine unzeitige niedrige oder übermäßig hohe Temperatur, übermäßige Feuchtigkeit oder Trockenheit und dergleichen.

Staubbrand, Schmierbrand, Rost, Mutterkorn sind alles solche Pflanzenkrankheiten, welche auf einem solchen abnormen durch fehlerhafte Ernährung der Pflanze herbeigeführten Zellenbildungsprocesse beruhen, deren Gegenmittel also auch nur in einer veränderten Ernährungsweise der Pflanze liegen können. Später wird aber dieses Verhältniß noch einmal ausführlich von einer andern Seite her besprochen werden müssen.

Man darf aber mit den hier erwähnten Erscheinungen eine andere Reihe von Thatsachen ja nicht verwechseln, welche freilich in ihrem äußern Auftreten oft so große Aehnlichkeit mit jenen haben, daß es eine sorgfältige Untersuchung erfordert, um den Unterschied festzuhalten. Es giebt neben der großen Masse der Vegetabilien, welche dazu bestimmt sind, die unorganischen Elemente und ihre Verbindungen zu organischen Stoffen zu vereinigen und umzubilden, auch eine kleine Reihe von Pflanzen, welche ihrer Organisation nach nicht im Stande sind, diese chemischen Processe einzuleiten und zu unterhalten, die gleichsam wie Kinder zu schwach sind, rohe Nahrungsstoffe zu verarbeiten, und daher wie jene mit schon völlig assimilirten Stoffen genährt werden müssen. Dies sind die ächten Parasiten oder Schmarotzerpflanzen, welche sich auf andern Gewächsen ansiedeln, auf verschiedene Weise in sie hineinwurzeln und die von ihnen schon assimilirten organischen Nahrungssäfte an sich ziehen und zu ihrem eigenen Zellenbau verwenden. Eine der bedeutendsten Pflan-

Digitized by Google

zen dieser Art, welche auch bei uns einheimisch ist, ist die Mistel, welche auf Kiefern, Pappeln, Obstbäumen u. s. w. sich ansiedelt, und besonders unter den Letzteren an einigen Orten große Verheerungen anrichtet. Bei weitem häufiger aber als diese den vollkommneren Pflanzen angehörigen Schmarotzer sind die kleinen oft nur mit dem Mikroskop genau zu erkennenden Parasiten aus der Classe der Pilze, welche wir im gemeinen Leben unter dem Worte »Schimmel« zusammenfassen. Zwar finden sich diese Schimmelbildungen am häufigsten auf todten oder im Absterben begriffenen Pflanzen und Thiertheilen ein, es giebt aber auch eine beträchtliche Anzahl Solcher, welche sich nur auf lebendig vegetirenden Pflanzen ansiedeln, aber gewöhnlich sehr bald den Tod der Pflanze nach sich ziehen. Diese sind es nun, welche oftmals eine außerordentliche Aehnlichkeit mit jenen vorher erwähnten Pflanzenkrankheiten zeigen, welche Aehnlichkeit selbst die meisten Botaniker verführt hat, jene Krankheitsproducte und Afterzellen zu den Pilzen zu zählen, einige Andere dagegen bewogen hat, diese schmarotzenden Pilze zu den Hautkrankheiten oder Ausschlägen der Pflanzen zu rechnen. Beides ist aber unrichtig und beide Gebilde sind in ihrem ganzen Wesen durch- und durch verschieden. Die krankhaften Zellen entstehen immer in den vollkommnen und unverletzten Zellen der Pflanzen und daher niemals aus einer Spore oder einfachem Pilzsamen. Die parasitischen Pilze dagegen entstehen immer aus einer von einem andern Pilze gleicher Art stammenden Fortpflanzungszelle oder Spore (Pilzsamen) durch einen Entwickelungsproceß, welchen man dem Keimen der höhern Pflanzen verglichen, der aber mit der später zu betrachtenden Entwickelung des Blüthenstaubes größere Aehnlichkeit hat, und eben deshalb entstehen diese Pilzpflänzchen niemals in der Zelle einer fremden Pflanze, weil sie in die geschlossene Zelle nicht hinein gelangen können, sondern entweder auf der Oberfläche der Pflanze, wo sie aber seltener vorkommen und weniger schädlich sind, oder in den Zwischenzellenräumen. Dahin gelangen aber jene Pilzsporen, indem sie, von Winden durch die Luft geführt, durch die Spaltöffnungen hineinfallen, sie entwickeln sich dann zu oft sehr zierlichen und niedlichen sehr mannichfaltigen Formen, indem sie meistentheils mit ihrem obern Ende aus der Spaltöffnung wieder herauswachsen und hier ihrerseits wiederum Sporen oder Samen tragen. Daß diese kleinen Parasiten, wenn sie überhand nehmen, durch Verstopfung der Zwischenzellengänge und Spaltöffnungen, also durch völlige Unterdrückung der Verdunstung und Gasausscheidung sehr schnell eine Pflanze tödten müssen, ist leicht begreiflich. Aber auch hier müssen wir hinzufügen, daß immer schon durch eine krankhafte Veränderung der Säfte die Möglichkeit für die Ansiedlung solcher Parasiten gegeben, der Boden bereitet sein muß, in welchem sie wurzeln und vegetiren können. Die ganz vollkommen ge-

Digitized by Google

sunde und normal entwickelte Pflanze scheint den schmarotzenden Pflanzen nicht die Möglichkeit zu gewähren, sich auf ihnen festsetzen zu können, wie ein vollkommen gesunder Körper keine Spulwürmer und dergleichen hegt. Es finden sich daher diese Parasiten eben so wie jene Pflanzenkrankheiten (diese vielleicht ausschließlich) bei weitem häufiger auf unseren verzärtelten, durch zu üppige Nahrung schon verdorbenen Culturpflanzen, als auf den wildwachsenden Pflanzen ein.

Mit diesen ächten Parasiten haben die unächten Schmarotzer, wie Moose und Flechten, welche sich auf den Rinden der Bäume ansiedeln, nichts gemein. Diese Moose und Flechten ziehen auch nicht das Allergeringste ihrer Nahrung aus dem Baume, auf welchem sie leben. Die Sache verhält sich viel mehr so. Bei dürftiger Ernährung, also auf dürren steinigen Standorten und bei ungewöhnlich heftiger Einwirkung der atmosphärischen Einflüsse, wo Regen, Sonne und Wind ungehemmt ihre Macht auf die Pflanzen geltend machen können, stirbt die Rinde der Bäume rascher ab, als sonst, und wird auch rascher als gewöhnlich zersetzt und in Humusbestandtheile aufgelöst. Diese letzteren sammeln sich in den vielfachen Rissen der wegen häufiger Abwechslung von Nässe und Trockenheit leicht aufspringenden Rinde, und gewähren dann den angewehten Moos- und Flechtensamen einen günstigen Boden zur Entwickelung. Auch hier geht also stets ein krankhafter Zustand des Baumes der Ansiedlung dieser Gewächse voraus. Es ist aber nicht zu leugnen, daß diese Moose und Flechten, wenn sie einmal überhand genommen haben, nun auch wiederum ihrerseits schädlich auf die Gesundheit der sie tragenden Pflanze zurückwirken und zwar einmal, indem sie einen unnatürlichen Feuchtigkeitszustand in der Rinde unterhalten, andererseits aber auch durch ihre dichte Bedeckung die Ausdünstung und Gasausscheidung stören oder ganz verhindern. In Folge dessen werden die Säfte der Pflanze nicht normal umgewandelt, und es bilden sich leicht Fäulnißprocesse. Die Praxis der Baumgärtner, diese angesiedelten Moose und Flechten von Zeit zu Zeit abzuschaben, ist daher vollkommen ihrem Zwecke entsprechend. Wenn dadurch auch der kränkliche Zustand des Baumes selbst nicht geheilt wird, so werden doch dadurch die schädlichen und rasch zerstörenden Folgen gemindert oder aufgehoben.

3. Die saftigen Früchte, deren Säfte einer Weingährung fähig sind, erleiden gegen die Zeit der Reife eigenthümliche Veränderungen in ihrem Innern. Ich wähle als Beispiel die Weinbeere, was von ihr gesagt wird, gilt in gleicher Weise von anderen ähnlichen Früchten, wenigstens von der Johannisbeere, Stachelbeere, Himbeere ꝛc. Sobald die Samen vollkommen ausgebildet sind, also die Frucht im physiologischen Sinne reif ist, fängt allmälig die Fruchtschale an, weich zu werden. Die

Digitized by Google

Zellenwände werden, wie es ſcheint, dünner, im Innern löſt ſich ein Theil der Zellen auf, das Chlorophyll verſchwindet, was aber am wichtigſten iſt, der Saft in den Zellen wird immer zuckerreicher, und die Proteinverbindungen häufen ſich mehr an, oder gehen doch in einen ſchleimig körnigen Zuſtand über, der ſie leichter unter dem Mikroſcop erkennen läßt. Um dieſe Zeit zeigt ſich in den meiſten Zellen die ſtickſtoffhaltige Auskleidung in zierlichen Strömungen begriffen, die allmälig verſchwindet, ſo wie die Proteinverbindungen ſtärker hervortreten; ſobald dies der Fall iſt, bilden ſich auch im Safte der Zellen zahlreiche kleine kugelrunde, zartwandige und gewöhnlich mit einem zarten Zellenkern verſehene Zellen von verſchiedener Größe, die aber bald wieder aufgelöſt werden und verſchwinden. Dies iſt der Zeitpunkt der Weinreife der Frucht, d. h. die Zeit, wo der Saft derſelben faſt in dem Augenblicke, wo er mit Luft in Berührung kommt, in geiſtige Gährung übergeht, während er bis dahin längerer Zeit bedarf, um in geiſtige Gährung zu kommen und gewöhnlich ſehr ſchnell in Eſſigſäure übergeht. Wenn man um dieſe Zeit den Saft genau mikroſkopiſch unterſucht, ſo findet man außer den oben erwähnten Zellen und ihren Anfängen noch andere Kügelchen, welche ſich allmälig zu äußerſt kleinen etwas länglich runden und mit einer außerordentlich dicken ſtickſtoffhaltigen Auskleidung verſehenen Zellen ausbilden. Dieſe letzteren, wenn ſie einmal entſtanden ſind, vermehren ſich auf eine Weiſe, welche der Bildung der Fortpflanzungszellen bei den Pilzen nicht ganz unähnlich iſt, und deshalb hat man eine Art von Scheinrecht, wenn man dieſe Bildungen zu den Pilzen rechnet. Sie ſind aber überhaupt nicht eine eigene Art von Pflanzen, ſondern nur unſelbſtſtändige Zellen, welche die Zerſetzung zuckerreicher Säfte in Kohlenſäure und Alkohol begleiten. Wir nennen ſie ganz einfach Hefenzellen; ſie bilden das, was man in der Technik »Hefe« nennt (Bd. II. §. 111.). Das Eigenthümliche an ihnen iſt, daß ſie ſich überall da bilden, wo zuckerreiche Säfte mit Proteinſubſtanzen in genügender Menge und Art zweckmäßig gemiſcht ſind, mag dieſe Flüſſigkeit nun in Zellen eingeſchloſſen ſein oder ſich frei in irgend einem Gefäße befinden, und daß ihre Wechſelwirkung mit der zuckerhaltigen Flüſſigkeit als die Urſache erſcheint, weshalb der Zucker in Kohlenſäure und Alkohol zerfällt, denn in allen gährungsfähigen Flüſſigkeiten geht der Entwickelung der Kohlenſäure die Bildung von Hefenzellen voraus, und man kann leicht zeigen, daß die Entwickelung der Kohlenſäure nur im Umfang dieſer Hefenzellen ſtattfindet.

Digitized by Google

III. Periode der Fortpflanzung.

§. 76. Wir haben früher bei der Ernährung der Pflanzen gesehen, daß in den Pflanzen fortwährend organische Substanzen aus einigen wenigen unorganischen Verbindungen gebildet werden, später wird sich bei der Ernährung der Thiere zeigen, daß im Lebensprocesse derselben fortwährend organische Substanzen zersetzt und in unorganische Verbindungen übergeführt werden, somit ist das Leben und das Bestehen der Thierwelt an das Dasein der Pflanzenwelt gebunden, die Erhaltung der Pflanzenwelt spielt daher eine höchst wichtige Rolle in der Natur, und dieselbe ist auf alle Weise sicher gestellt. Es giebt nicht nur eine einzige bestimmte Art der Fortpflanzung, sondern auf die mannichfachste Weise wird die Individuenzahl der Pflanzen vermehrt, wo die eine Vermehrungsart nicht eintreten kann, gelangt eine andere zur Erscheinung, und überall finden wir die Fortpflanzung und Vermehrung noch durch eine verschwenderische Vervielfältigung der zu diesen Zwecken bestimmten Organe und Keime gegen jeden Zufall sicher gestellt. Eine einzige Fichte entwickelt viele Millionen Körner Blüthenstaub, wovon jedes einzelne, in die günstige Lage gebracht, sich zu einem neuen Baum entwickeln kann, und wenn auch Millionen zu Grunde gehen, so ist es doch fast unmöglich, daß nicht einige in jene günstige Lage gerathen und so die Vermehrung sicher stellen sollten.

Im Allgemeinen kann man freilich zwei Hauptarten der Fortpflanzung unterscheiden: 1. Die regelmäßige Fortpflanzung durch Bildung eigenthümlicher entwickelungsfähiger und ausschließlich für die Entwickelung zu neuen Pflanzen bestimmter Zellen, welche man bei den offenbar blühenden Pflanzen als Blüthenstaub (Pollen) zu bezeichnen pflegt. 2. Die Bildung von Knospen, welche, losgetrennt von ihrer Mutterpflanze, sich zu neuen Individuen entwickeln.

I. Die erste Art ist in den verschiedenen Pflanzenclassen noch besonders modificirt.

In der ganzen Gruppe, welche Linné die Versteckblühenden (Cryptogamen) nannte, weil er glaubte, es würden die Geschlechtsorgane dieser Pflanzen noch einmal entdeckt werden, z. B. bei den Moosen, den Farnkräutern und anderen, fällt die zur Fortpflanzung gebildete Zelle ohne weiteres auf den Boden, hier entwickelt sie sich ohne Unterbrechung bis zur vollständigen neuen Pflanze. Da hier bei der ganzen Fortpflanzung in der That nur ein einziger Pflanzentheil in Frage kommt, nämlich die Fortpflanzungszelle, so nennt man diese Pflanzen gegenwärtig »geschlechtslose Pflanzen«.

In der zweiten großen Abtheilung, bei den Offenbarblühenden

Digitized by Google

(Phänerogamen), muß dagegen die zur Fortpflanzung bestimmte Zelle noch erst in ein anderes Organ derselben Pflanze gelangen, welches wir »Samenknospe« nennen, da es die Anlage (Knospe) zum Samen ist. Es wurde von früheren Botanikern mit einem ganz falsch gewählten Worte als »Pflanzenei« oder »Eichen« bezeichnet. Sobald die erwähnte Zelle in die Samenknospe gelangt ist, so entwickelt sie sich ebenfalls zu einer Pflanze, aber nur bis zu einem gewissen Grade der Vollendung, so daß die Pflanze mehr oder weniger vollständig in ihren Theilen als Stengel, Wurzel, Blätter angelegt ist. Diese Anlage bleibt dann aber längere Zeit ruhen, ohne sich weiter auszubilden, und erst nach gewisser Zeit erwacht das Leben wieder und die weitere Entwickelung zur vollkommenen Pflanze beginnt. Diesen letzten Vorgang nennen wir Keimung, die Pflanzenanlage wird als Keim oder Keimpflänzchen, die Samenknospe aber zu der Zeit, wo sie den vollständigen Keim umschließt, als Same bezeichnet. Man nennt diese ganze Abtheilung der Pflanzen jetzt »Geschlechtspflanzen.« Das Wort »Geschlechter« hat aber hier keine andere Bedeutung, als daß bei der Fortpflanzung zwei verschiedene Pflanzenorgane thätig sein müssen, nämlich die Fortpflanzungszellen oder der Blüthenstaub und die Samenknospe. Zwar hat man bisher die Organe, in denen der Blüthenstaub sich bildet, »die Staubfäden« als die männlichen Organe der Pflanze, die Samenknospen und ihre Behälter dagegen als weibliche bezeichnet, aber der ganze Vorgang bei der Fortpflanzung der Gewächse hat so durchaus gar keine Aehnlichkeit mit dem bei den Thieren, daß die Bezeichnung von männlichen und weiblichen Theilen und gar ein Streit über die Richtigkeit dieser Bezeichnungen geradezu keinen Sinn hat; statt männlicher und weiblicher Blüthen, wie bisher, sagt man besser Staubfadenblüthen und Samenblüthen, z. B. beim Hanf.

Zu den so eben erwähnten wesentlichen Fortpflanzungsorganen, nämlich den Staubfäden mit dem darin enthaltenen Blüthenstaub und den Samenknospen, kommen gewöhnlich noch einige andere minder wesentliche, welche nur dazu zu dienen scheinen, die wesentlichen Theile einzuhüllen und zu schützen. Daß diese Schutzorgane nicht unbedingt in der ganzen Pflanzenwelt nothwendig sind, zeigt uns die Familie der Nadelhölzer, in welcher die ganze Blüthenbildung, d. h. sämmtliche auf die Fortpflanzung sich beziehenden Organe sich auf die Staubfäden und die Samenknospen beschränken. Bei den anderen Pflanzen kommen noch zwei Arten von Organen hinzu:

a) Auf der einen Seite nämlich werden die Samenknospen, einzeln oder zu mehreren, von einem besondern Pflanzentheil umschlossen, welcher unten hohl ist (Fruchtknoten), oben eine gewöhnlich auffallend

Digitized by Google

gestaltete Mündung (Narbe) besitzt, und zwischen beiden zuweilen noch mit einer längeren oder kürzeren Röhre (Staubweg) versehen ist. Alle diese drei Theile zusammengenommen nennt man Stempel (Pistill), den unteren angeschwollenen Theil nennt man deshalb Fruchtknoten, weil er die Anlage (Knospe oder altdeutsch Knoten) für die zukünftige Frucht ist.

b) Auf der anderen Seite werden die Staubfäden oder die Fruchtknoten, oder beide in größerer oder geringerer Anzahl vereinigt, von Blattkreisen umschlossen, deren einzelne Blätter mehr oder weniger in Farbe, Textur und Form von den übrigen Blättern der Pflanze abweichen und zusammen »Blume« genannt werden können, zum Unterschied von »Blüthe«, worunter man dann nur die oben als wesentlich bezeichneten Organe versteht. Die einzelnen Theile der Blume bilden oft mehr, oft weniger Kreise, und die Theile dieser Kreise sind oft mehr, oft weniger von einander verschieden. Hiernach unterscheidet man demnach »Blüthenhülle«, wenn alle Theile gleich sind, wie bei der Tulpe; »Kelch und Blumenkrone«, wenn sich zwei verschiedene Kreise unterscheiden lassen, wie bei der Erbse; »Außenkelch, Kelch und Blumenkrone«, wenn sich drei Kreise unterscheiden lassen, wie bei der Malve; endlich bezeichnet man noch die ganz verkümmerten und abweichenden Blattorgane, die zuweilen bei der Blume vorkommen, als »Nebenkrone«, z. B. die wunderlichen kleinen Organe unter dem capuzenförmigen Blatte der Blüthenhülle, beim Aconit oder Sturmhut unserer Gärten.

II. Auch die zweite Art der Fortpflanzung, die Knospenbildung, hat besondere Eigenthümlichkeiten. Der Unterschied besteht wesentlich darin, daß bei der regelmäßigen Fortpflanzung die junge Pflanze oder der Keim ringsum frei ist, weil eine völlig freie isolirte Zelle die Grundlage für die neue Bildung ist, während bei der Knospenbildung die junge Pflanze (denn das ist die Knospe) aus Zellen sich entwickelt, welche mit der Mutterpflanze in engster Verbindung stehen, mit den Zellen der Mutterpflanze verwachsen sind, so daß nachher die Knospe nur nach dem einen entwickelungsfähigen Ende frei ist, am anderen, welches der Wurzel entsprechen würde, aber mit der Mutterpflanze verwachsen erscheint. Uebrigens kommt bei der Knospenbildung kaum ein anderes Organ als die Anlage zur jungen Pflanze selbst in Betracht, indessen ist die Knospe, wenn nicht immer, doch häufig eingehüllt in einige eigenthümlich gebildete Blätter, die Knospendecken, die nur dazu bestimmt sind, die zarte Knospe selbst zu schützen, und welche abfallen, so wie die Knospe ihre Entwickelung beginnt.

III. Bei beiden Arten der Fortpflanzung sowohl durch Blüthenbildung

Digitized by Google

als durch Knospen kann man die der Fortpflanzung dienenden Organe als Schmarotzer ansehen, welche auf und von der Mutterpflanze leben. Sie ziehen nach und nach die wichtigsten Stoffe der ganzen Pflanze an sich und tragen auf diese Weise viel dazu bei, das Absterben der Pflanzen zu verursachen. Am leichtesten läßt sich dieses nachweisen für die unorganischen Bestandtheile, indem die Blüthentheile und besonders die Früchte so wie die Knospen meist die größte Menge Aschenbestandtheile enthalten, wie folgende Beispiele zeigen.

Es enthalten 100 Theile:	Asche
Stengel der Weinreben	4,623
Blätter	8,018
Jüngste Blätter und Knospen . .	8,123
Leindotter Wurzeln	3,52
» Stengel	3,62
» Samen	4,10
» Samenkapseln	4,13
Hanf, ganze Pflanze	4,54
» Früchte	5,60

Es gilt dies Gesetz aber auch nicht minder für die organischen Bestandtheile, insofern die Organe, welche der regelmäßigen Fortpflanzung dienen, namentlich Blumen, Staubfäden und reifende Früchte, ungeachtet besonders letztere sehr schnell an Masse zunehmen, doch fortwährend eine große Menge organischer Substanz, welche sie der Mutterpflanze entzogen haben, zerstören, indem in ihnen ein langsamer Verbrennungsproceß stattfindet unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Atmosphäre und Aushauchung von Kohlensäure. Besonders lebhaft ist dieser Proceß in den Staubfäden. Folgende Tabelle mag dies darthun.

Es verbraucht Sauerstoff zur Kohlensäurebildung während 24 Stunden

	1 Cubikzoll von den Blumen,	v. den Blumenblättern für sich	v. d. Fortpflanzungsorganen für sich
bei der einfachen rothen Levkoje	11 Cub.-Z.	4 Cub.-Z.	18 Cub.-Z.
» » gefüllten *) Levkoje . .	7,7 »	— »	— »
» » einfachen Tuberose . .	9,7 »	3 »	— »
» » gefüllten *) » . .	7,4 »	— »	— »
» » Hypericum calycinum .	7,5 »	7,5 »	8,5 »
Staubfadenblüthe des Kürbis .	7,6 »	— »	16 »
Spanische Kresse, einfach . .	8,5 »	— »	16,3 »
» » gefüllt *) . .	7,25 »	— »	— »

*) Bei diesen gefüllten Blumen sind die Staubfäden in Blumenblätter umgewandelt, daher der geringere Verbrauch an Sauerstoff.

Digitized by Google

Nehmen wir nach dieſen Angaben die Rapspflanze ſtatt der Levkoje, was ſich wohl ziemlich gleich bleiben wird, und ſetzen wir für eine Pflanze 1 Cubikzoll Blüthentheile und eine dreitägige Dauer der Blüthe, ſo hauchen die Blüthen 33 Cubikzoll Kohlenſäure aus, dieſe entſprechen einem Gewicht von 1,18 Grammen Kohlenſäure, gleich 0,323 Grammen Kohlenſtoff, gleich 0,75 Grammen Zellſtoff oder Stärkemehl. Man wird einen ſolchen Verluſt von $^3/_4$ Grammen organiſcher Subſtanz bei einer einzelnen Pflanze nicht für unbeträchtlich halten, wenn man weiß, daß eine ganze vollſtändig reife große Leindotterpflanze mit Samen und Früchten nur 2,181 Grammen trockener organiſcher Subſtanz enthält, daß alſo, wenn wir auch für die etwas größere Rapspflanze 3,0 Gramme annehmen, der Verluſt doch 20 Procent, alſo $^1/_5$ der ganzen Pflanze beträgt.

Beim Kürbis beträgt der Verluſt allein durch die Staubfäden, wenn wir für dieſe großen Organe auch nur 2 Cubikzoll an der ganzen Pflanze und eine dreitägige Blüthenzeit annehmen, 96 Cubikzoll Kohlenſäure, gleich 0,826 Grammen Kohlenſäure, gleich 0,771 Grammen Kohle, gleich 1,75 Grammen Zellſtoff oder Stärkemehl.

Die angeführten Thatſachen erklären ſich leicht daraus, daß die Fortpflanzungsorgane diejenigen ſind, welche am ſpäteſten ihre Vegetation beendigen. Der letzte Abſchluß des Pflanzenlebens in jeder Periode umfaßt die Ausbildung der Frucht, und mit deren vollkommener Reife tritt das Abſterben der einjährigen oder zweijährigen Pflanzen ein. Die oben entwickelte Natur der Saftbewegung bringt es aber mit ſich, daß der Saft ſich zuletzt in diejenigen Theile hineinziehen muß, welche am längſten ausdünſten, und dieſer Saft führt natürlich alle auflöslichen Beſtandtheile mit ſich fort. Bei den perennirenden Pflanzen iſt aber die vollkommene Ausbildung der Knospen die letzte Erſcheinung der Vegetation, und der Unterſchied beſteht hier weſentlich darin, daß, außer den Fortpflanzungsorganen (den Knospen) noch ein gewiſſer Theil der Hauptpflanze, bei Bäumen namentlich der Splint, das Bildungsgewebe und der innere Theil der Rinde lebendig bleibt und einen Theil des Saftes behält. Daher iſt das Ausſaugen der Pflanze durch die Fortpflanzungsorgane auch bei den einjährigen Pflanzen viel auffallender, als bei den ausdauernden.

Alle Arten der Fortpflanzung beruhen in ihrem letzten Grunde auf dem Vermögen jeder einzelnen Zelle, neue Zellen hervorzubringen, alſo auf der Fortpflanzungsfähigkeit der einzelnen Zelle. In Bezug auf die ganze Pflanze geben wir dieſer Vermehrung der Zellen aber einen verſchiedenen Namen. Wenn nämlich die neu gebildeten nur dazu dienen, die Maſſe und den Umfang der ſchon vorhandenen Pflanze zu vermehren, ſo nennen wir es Wachsthum (vergl. oben §. 52.), wenn dagegen die neu gebildeten Zellen ſich ſo anordnen, daß ſie die Geſtalt einer neuen Pflanze an-

Digitized by Google

nehmen, so nennen wir es Fortpflanzung. Bei der letzteren muß sich also in jedem Falle die junge Pflanze, ihrem Ursprunge nach, auf eine einzige Zelle zurückführen lassen, aus welcher sie durch wiederholte Zellenvermehrung hervorgegangen ist. Diese Zurückführung ist nun bei der regelmäßigen Fortpflanzung (siehe oben Nro. I.) sehr leicht, indem bei den geschlechtslosen Pflanzen die Fortpflanzungszellen oder Sporen, bei den Geschlechtspflanzen die Zellen des Blüthenstaubs oder der Pollen eben jene einzelnen Zellen sind, aus denen sich die neue Pflanze entwickelt. Bei der Fortpflanzung durch Knospen dagegen ist es zur Zeit noch nicht gelungen, aus der großen Masse der verbundenen Zellen diejenige herauszufinden, welche die erste Grundlage zur Knospe bildet.

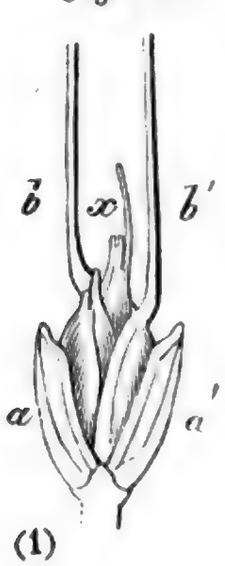
Es ist nun die Aufgabe des Folgenden, alle bei der Fortpflanzung in Betracht kommenden Verhältnisse näher zu erläutern, was am füglichsten nach vier Gesichtspunkten geschehen kann.

A. Von der regelmäßigen Fortpflanzung.

§. 77. Wir beginnen hier am zweckmäßigsten mit der genauen Betrachtung eines einzelnen Beispiels, und knüpfen dann an dasselbe einige allgemeine Bemerkungen an, und zwar wählen wir dazu eine der wichtigsten Culturpflanzen, »den Weizen«. Wenn man die blühende Weizenähre (von Triticum fastuosum) von der Seite betrachtet, so zerfällt sie in einzelne Abtheilungen, welche stets auf einem Zahne der Spindel oder des durchlaufenden Stengels stehen.

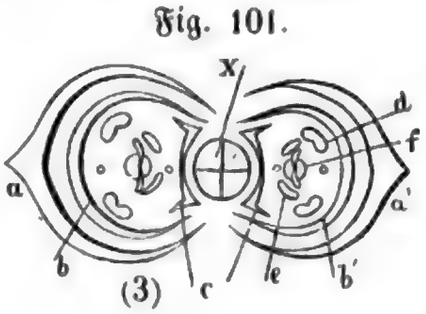
Eine solche Abtheilung zeigt Fig. 100. in natürlicher Größe, nur mit abgebrochenen Grannen (*b* und *b'*). Eine solche Abtheilung stellt eine vollständige kleine Aehre mit mehreren Blüthen vor, mit dem botanischen Kunstausdruck wird sie Aehrchen (spicula) genannt. Man erkennt an ihr von außen die beiden großen Spelzen oder die Hülle (*a* u. *a'*), welche im ganzen drei Blüthen umschließt, nämlich *b*, *b'* und *x*. Schneidet man das Aehrchen bei *a* und *a'* quer durch, so liefert der Querschnitt gleichsam einen Grundriß (Fig. 101.), an dem man sich leichter über die einzelnen Theile orientiren kann. Die gleichen Buchstaben haben hier dieselbe Bedeutung, wie in der vorigen Figur. *a* und *a'* sind

Fig. 100.



(1)

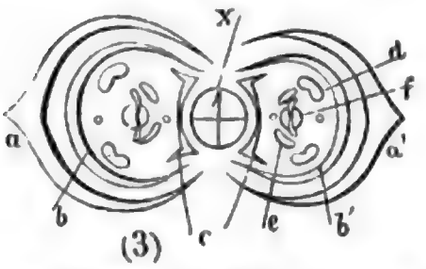
Fig. 101.



(3)

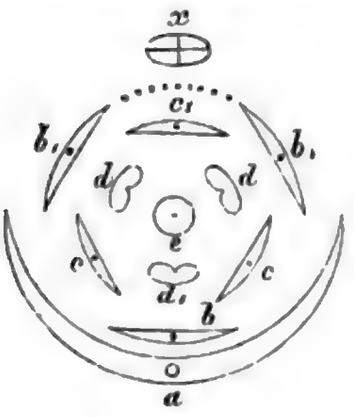
die beiden äußeren Spelzen, *x* ist die oberste gewöhnlich verkümmerte Blüthe, mit welcher das kleine Aehrchen endigt, zu beiden Seiten derselben steht eine vollkommene Blüthe. Jede derselben ist von einem größeren Blatt (den inneren Spelzen *b* u. *b'*) eingehüllt. Diesem größeren Blatte gegenüber steht ein kleineres und zarteres (*c*). Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, daß dieses Blatt nicht einen einfachen Mittelnerven hat wie das größere, sondern zwei gleich starke, zwischen denen das Blatt nur als eine zarte Haut sich darstellt. Untersucht man dieses Blatt in früheren Zuständen, so findet man, daß dasselbe ursprünglich aus zwei Blättern besteht, die späterhin verwachsen, und in ihrem Wachsthum zurückbleiben, während sie anfänglich ganz eben so groß sind, wie die Blätter *b* und *b'*. Diese inneren Spelzen umschließen nun nachfolgende Theile: 1) zwei kleine Blättchen (*e* *), welche dicht an den Fruchtknoten angedrückt sind; 2) zwei Staubfäden (*d* *) und 3) den Fruchtknoten (*f*). Die Stellung dieser Theile kann man nur verstehen lernen, wenn man auf die allerfrüheſten Zustände zurückgeht, und dann die Entwickelung verfolgt. Das Resultat ist dann, daß die erste Anlage zur Grasblüthe vollkommen regelmäßig ist, wie Fig. 103. andeutet. Hier ist *x* der kleine Stengel, an welchem die Blüthen sitzen, *a* das Deckblatt (die äußere Spelze), *b b' b'* drei äußere Blumenblätter (eine Blüthenhülle bildend), von denen *b'* und *b'* mit einander verwachsen, *b* sich übermäßig entwickelt und die größeren inneren Spelze darstellt; *c c c'* drei innere Blumenblätter (eine Nebenkrone bildend), von ihnen schlägt *c'* ganz fehl (in Fig. 102. durch einen kleinen Kreis bezeichnet), so daß man später keine Spur mehr davon findet; *d d' d*, drei Staubfäden, von denen *d'* ebenfalls völlig verkümmert (in Fig. 102. durch einen kleinen Kreisbogen bezeichnet), so daß man ihn in der entwickelten Blüthe nicht mehr auffinden kann; *e* der Fruchtknoten. Außer, daß zwei ursprünglich angelegte Organe später völlig verschwinden, kommt nun noch bei der Gras-

Fig. 102.



(3)

Fig. 103.



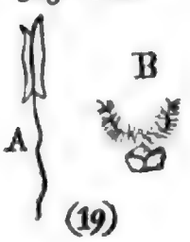
*) Um die Buchstaben in der Figur nicht unnöthig zu vermehren und dadurch die Zeichnung zu verwirren, ist nur ein Blättchen mit *e*, nur ein Staubfaden mit *d* bezeichnet.

Digitized by Google

blüthe hinzu, daß die Theile durch die spätere Ausbildung ganz aus ihrer Stellung verrückt werden; so entsteht denn die scheinbar ganz unregelmäßige Grasblüthe, deren Erklärung so viele Forscher in Verlegenheit gesetzt hat. Das hier Gesagte findet nun seine volle Anwendung auf alle Gräser mit Zwitterblüthen und 1 bis 3 Staubfäden. Nur darin tritt nämlich eine Verschiedenheit ein, ob mehr oder weniger Theile von den beiden inneren Kreisen (*ccc'* und *ddd'*) fehlschlagen. Die Gräser mit getrennten Geschlechtern oder mit 6 Staubfäden sind im Ganzen viel regelmäßiger gebaut und lassen sich nach Anleitung des oben Gesagten leichter auf die ihnen zum Grunde liegende Gesetzmäßigkeit zurückführen. Ich glaubte, hier über die Anordnung der Grasblüthe etwas ausführlicher sein zu müssen, weil die Gräser für den Landmann stets die wichtigste Pflanzenfamilie sind und sein werden und ich in allen für Landwirthe bestimmten botanischen Werken nichts Gründliches darüber gesagt finde.

Nachdem wir nun die Stellungsverhältnisse der Blüthentheile klarer erkannt haben, gehen wir zur Betrachtung der einzelnen wesentlichen Blüthentheile über. Trennt man von der Weizenblüthe die sämmtlichen Spelzen ab, so behält man die zwei Staubfäden und den Fruchtknoten übrig (Fig. 104. *A* und *B*). Der Staubfaden (*A*) besteht aus einem dünnen Faden, dem Träger, und dem Staubbeutel, der aus zwei Hälften zusammengesetzt erscheint, und an jeder Seite eine Fuge hat, welche den Ort bezeichnet, an welchem der Staubfaden sich durch Auseinanderreißen seiner Wände öffnet, um den Blüthenstaub zu entlassen. Wenn man einen ganz jungen Staubbeutel quer durchschneidet, so erhält man die Ansicht, wie sie Fig. 105. giebt. Man erkennt in der Mitte ein

Fig. 104.



(19)

Fig. 105.

(12)

Fig. 106.

(6)

Gefäßbündel, zu dessen beiden Seiten die beiden Hälften des Staubbeutels liegen. Jede Hälfte enthält zwei durch eine Längsscheidewand getrennte Fächer, in denen der Blüthenstaub (in der Zeichnung weggelassen) sich befindet. Der Fruchtknoten (Fig. 104. *B*) zeigt an seinem Grunde die zwei kleinen schon erwähnten Blättchen (Fig. 102. *e*), die sich vergrößert, wie Fig. 106. darstellen. Der Fruchtknoten selbst ist ein kleiner fast kreiselförmiger Körper, auf seiner Spitze mit zwei Narben wie kleine Flaumfedern gekrönnt. Nach Entfernung des größten Theiles dieser Narben

Digitized by Google

erscheint der Fruchtknoten, wie Fig. 107. von vorne gesehen, und wie Fig. 108. von hinten gesehen; hier erkennt man schon die tiefe Furche, welche auch späterhin die reife Frucht des Weizens bezeichnet. Die beiden Narbenfäden sind, wie Fig. 107. zeigt, mit Seitenästen besetzt, und jeder

Fig. 107.

Fig. 108.

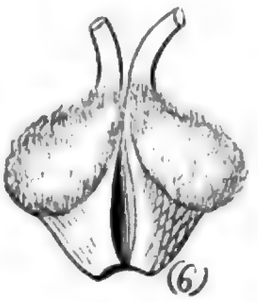
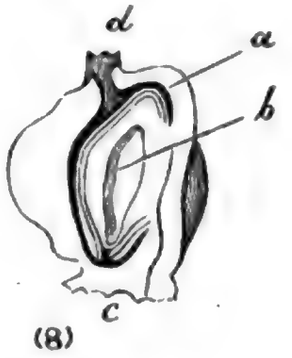
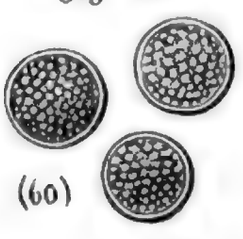


Fig. 109.



derselben ist wiederum mit kurzen Haaren bedeckt, zwischen welchen später der Blüthenstaub hängen bleibt. Zwischen beiden Narben ist der Eingang in die Höhle des Fruchtknotens, welche eine einzige Samenknospe umschließt. Dies Verhältniß wird aber deutlicher, wenn man einen senkrechten Durchschnitt durch den Fruchtknoten und zwar gerade in der Mitte zwischen beiden Narben durchführt. Man erkennt dann bei mäßiger Vergrößerung Folgendes (Fig. 109.). Bei *c* ist der Anheftungspunkt des ganzen Fruchtknotens, der ringsumher geschlossen ist und dessen Wandung (*a*) nur bei *d* an der Spitze und gerade zwischen beiden Narben eine Oeffnung zeigt, die in's Innere führt. Die Höhle selbst ist fast ganz ausgefüllt von der Samenknospe, welche der Länge nach an der hinteren Wand des Fruchtknotens befestigt erscheint. Die Samenknospe besteht aus dem länglichen Kern, der ringsum von zwei dünnen Häuten (Hüllen) umschlossen wird, indem nur an der nach unten gerichteten Spitze des Kerns die Hüllen einen kleinen auf die Spitze zuführenden Canal offen lassen. Der Kern selbst hat in seinem Innern eine große längliche Höhle (*b*), welche durch eine große Zelle gebildet wird. Diese Höhle ist der Keimsack, in welchem sich später der Keim bildet. Verfolgen wir nun die Vorgänge, welche während der Blüthezeit, d. h. während der sogenannten Befruchtung stattfinden, so finden wir Folgendes:

Fig. 110.



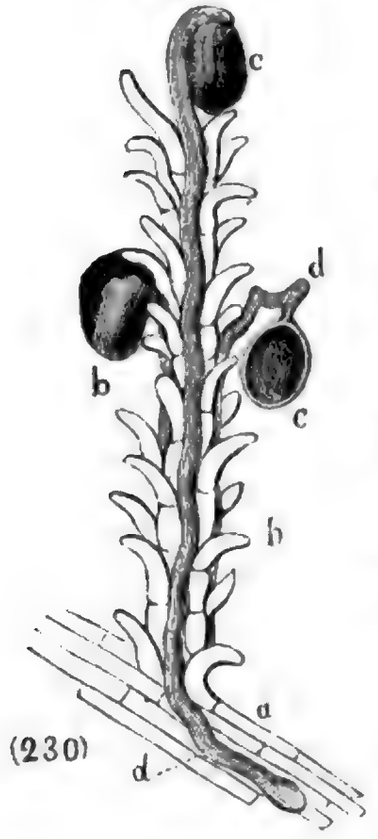
Zuerst bersten die Staubbeutel auf und schütten den Blüthenstaub aus. Jedes Körnchen des Blüthenstaubs (Fig. 110.) ist eine einfache vollständige Zelle, mit einem schleimig-körnigen Inhalt, welcher zum Theil aus Proteinverbindungen, zum Thei-

Digitized by Google

aus Gummi und Zucker besteht und auffallend stark hygroskopisch ist, so daß die Blüthenstaubzelle, welche im Staubbeutel ziemlich stark zusammengefallen liegt, im Wasser sogleich aufschwillt. Die einfache Blüthenstaubzelle hat noch einen Ueberzug von einer eigenthümlichen gelblichen, etwas körnigen Substanz, welche selbst von concentrirter Schwefelsäure nur sehr schwer angegriffen wird und die Pollenzelle gegen schädliche Einwirkungen, namentlich gegen übermäßige Nässe zu schützen im Stande ist. An irgend einer Stelle indessen hat dieser Ueberzug ein scharfes rundes Loch, und hier liegt die Wand der Blüthenstaubzelle ganz frei.

Bei verschiedenen Pflanzen auf sehr verschiedene Art (wovon später zu sprechen) wird der Blüthenstaub auf die Narben übertragen und klebt vermittelst der inzwischen von der Narbe abgesonderten Feuchtigkeit hier fest. Nun entwickelt sich die Zellenwand an der Stelle, wo das oben erwähnte Loch in dem Ueberzug befindlich, in Form eines langen Schlauches, der allmälig an den Haaren der Narbe herunter läuft und wahrscheinlich von der hier abgesonderten Feuchtigkeit ernährt wird.

Fig. 111.



In Fig. 111. stellt *a* einen kleinen Theil eines Narbenstammes und *b b* einen einzelnen Seitenast dar, an welchen drei Blüthenstaubkörner *c c* (der dritte ohne Buchstabe links bei *b*) angeklebt sind. Alle drei haben bereits Schläuche (*d*) getrieben, welche hier wie bei fast allen Gräsern sich gleich nach ihrem Hervortreten um das Korn herumzuschlingen pflegen und dann am Haar abwärts steigen. Auf diese Weise gelangen die Schläuche bis an die Oeffnung des Fruchtknotens zwischen den beiden Narben und dringen in die Höhle des Fruchtknotens ein. Den weiteren Verlauf wollen wir an der Hirse betrachten.

Fig. 113.

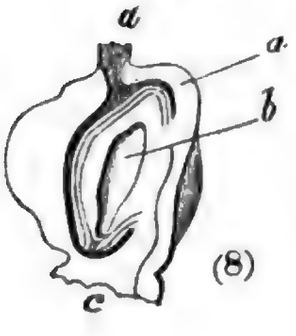
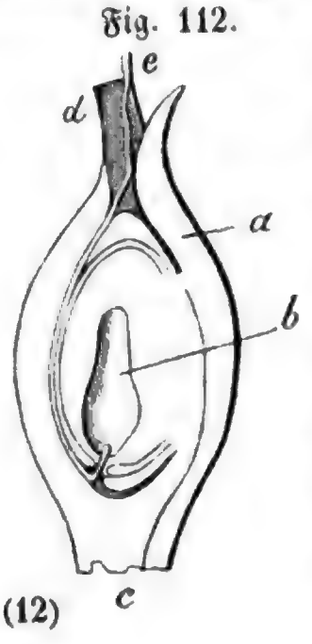


Fig. 112.



Die Fig. 112. stellt den Fruchtknoten im Längsdurchschnitt dar und derselbe weicht, wie die Vergleichung mit Fig. 113. zeigt, nur in unwesentlichen Punkten, namentlich in Umrissen, von dem des Weizens ab. Dieselben Buchstaben haben in beiden Figuren dieselbe Bedeutung. *c* ist der Anheftungspunkt des

Fruchtknotens, *a* die Wand desselben, *d* ist die Oeffnung nach Außen zwischen den beiden Narbenstämmen, *b* ist der Keimsack, im Innern der Samenknospe. Ein Hauptunterschied ist hier der, daß die Aeußere der beiden Hüllen der Samenknospe die Innere beim Weizen ganz überzieht, bei der Hirse dagegen die ganze vordere Fläche (nach links) freiläßt, also unvollständig erscheint. Uebrigens zeigt Fig. 114. deutlich den ganzen Verlauf des Schlauches des Blüthenstaubes (*c*). Nach seinem Eintritt in die Fruchtknotenhöhle läuft er an der äußeren Seite der Samenknospe zwischen dieser und der Wandung des Fruchtknotens abwärts, bis er die Oeffnung in den Hüllen der Samenknospe erreicht, hier tritt er ein, durchdringt die Spitze des Kerns, und erreicht so das Keimsäckchen, in welches er sich hineindrängt. In dem Theile des Schlauches, welcher in den Keimsack hineinragt, entstehen dann Zellen, die sich immer mehr vermehren und endlich sich zum Keim selbst gestalten, während der übrige Theil des Schlauches allmälig zerstört wird. Das Würzelchen des entstandenen Keimes weist bei allen Pflanzen ohne Ausnahme nach der Stelle hin, wo der Schlauch eingedrungen war.

Fig. 114.

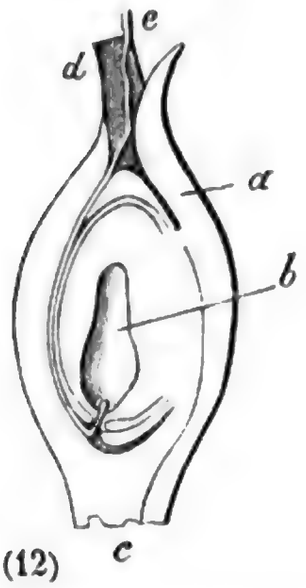


Fig. 115.

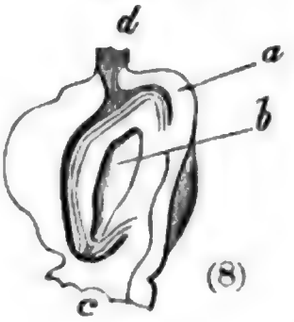
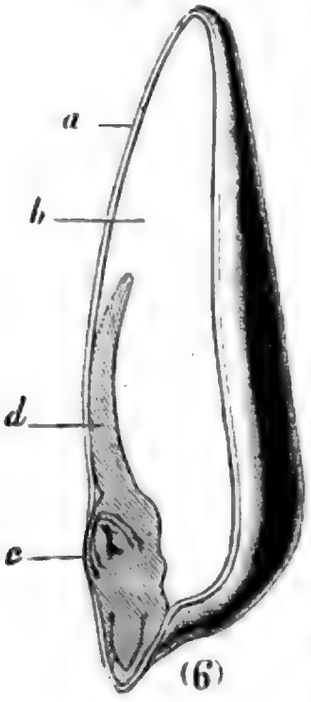


Fig. 116.



Während sich der Keim allmälig ausbildet, gehen aber noch weitere Veränderungen in der Samenknospe und dem Fruchtknoten vor. Natürlich nehmen beide bedeutend an Umfang zu, bis sie die Größe des reifen Korns erreicht haben. Im Innern gestaltet sich die Sache folgendermaßen, wie sich aus der Vergleichung der Hirse zur Zeit der Entstehung des Keims (Fig. 114.) mit dem reifen Haferkorn (Fig. 116.) leicht ergiebt. Vor Allem dehnt sich der Keimsack (Fig. 114. *b*) nach allen Seiten mächtig aus und verdrängt die ganze Samenknospe bis auf ein dünnes Häutchen, welches sich fest an die Fruchtknotenwand (*a*) anlegt, auch diese wird durch den Druck von Innen und die Ausdehnung beim Wachsthum allmälig zu einem dünnen Häutchen. Beide zusammen bilden dann Frucht- und

Samenschale des reifen Korns (Fig. 116. *a*). Der auf diese Weise sehr vergrößerte Keimsack wird aber von dem sich entwickelnden Keim nur zum kleineren Theile ausgefüllt (Fig. 116. *c*, *d*); in dem übrigen Theile bilden sich allmälig Zellen, welche den ganzen Raum einnehmen, sich mit Stärkemehl und Kleber füllen und so den Eiweißkörper des Samens darstellen (Fig. 116. *b*). In allen diesen Beziehungen weichen die Gräser untereinander nur wenig ab.

Die Verschiedenheiten, welche bei den übrigen Pflanzen stattfinden, sind §. 78.
allerdings sehr mannichfaltig, und nur wenige Hauptpunkte sind ganz allgemein und daher als wesentlich anzusehen. Unbedingt für alle Geschlechtspflanzen gültig ist das Gesetz, daß die Blüthenstaubzelle sich in einen Schlauch ausdehnt, daß das eine Ende dieses Schlauches in den Keimsack gelangt, und daß dieses Ende durch innere Zellenbildung sich zum Keime gestaltet, daß also mit einem Wort der Keim wirklich aus der Blüthenstaubzelle entsteht und also alle Aehnlichkeiten, die man zwischen der Fortpflanzung der Gewächse und der Thiere bei der früheren Unkenntniß des eigentlichen Hergangs ersonnen hatte, durchaus in das Gebiet völlig unbegründeter Phantasiespiele gehören. Allerdings ist dieser wichtigste Punkt bei den Pflanzenphysiologen noch bestritten, da großes Geschick im Präpariren und selbst Glück dazu gehört, um die völlig beweisenden Präparate zu erhalten. Ich würde deshalb auch hier, wo es darauf ankommt, nur völlig gesicherte Resultate mitzutheilen, mich auf die Sache gar nicht eingelassen haben, wenn es mir nicht in neuerer Zeit gelungen wäre, die beweisenden Präparate, welche die Sache außer Zweifel stellen, aufzubewahren, so daß ich dieselben Jedem, der mich besuchen mag, vorlegen kann, womit denn der Streit über diese Sache, der lange gedauert hat, beendigt ist.

Fast alle übrigen Verhältnisse bei der Befruchtung sind dagegen den mannichfachsten Verschiedenheiten in der Pflanzenwelt unterworfen, und es ist hier nur nöthig, in einem kurzen Ueberblicke auf einige der Hauptpunkte aufmerksam zu machen, wobei wir den einzelnen Blüthentheilen in der Reihefolge, wie sie beim Weizen erwähnt sind, folgen wollen.

Die großen Verschiedenheiten in den Gestalten der unwesentlichen Blüthentheile, als Blüthenhülle, Kelch, Krone u. s. w. sind bekannt genug. Zahlreich sind auch die mannichfaltigen äußeren Formen der Staubfäden und des Fruchtknotens, ihre Erwähnung gehört der beschreibenden Botanik an. Hier mag nur bemerkt werden, daß 1) der Fruchtknoten bald nur eine, bald mehrere, selbst unzählige Samenknospen umschließt, und daß seine Höhle bald einfach, bald in mehrere Abtheilungen oder Fächer getheilt ist; 2) daß zuweilen bei den so Zusammengesetztblüthigen z. B. der Sonnenblume, der untere Theil des Stempels, nämlich der Frucht-

Digitized by Google

knoten von den oberen Theilen, dem Staubweg und der Narbe, dadurch vollkommen getrennt erscheint, daß die Kelch- und Blumenblätter auf der Spitze des Fruchtknotens und nicht an seinem Grunde befestigt sind, daß also der Fruchtknoten unterhalb der Blume und nicht in ihr steht.

Sehr verschieden ist die Bildung der Samenknospe bei den verschiedenen Pflanzen; wesentlich und daher überall vorhanden ist hier nur der Kern mit dem in ihm enthaltenen Keimsack, dagegen ist die Anwesenheit und Zahl der Knospenhüllen, die gerade oder gekrümmte Form der Samenknospe und die Art ihrer Anheftung im Fruchtknoten vielfachen Abänderungen unterworfen.

Beim Blüthenstaub ist es besonders der Ueberzug der einfachen Blüthenstaubzelle, welcher die reichste Mannichfaltigkeit der Formen zeigt; es erscheint hier der zierlichste und zusammengesetzteste Bau, ohne daß wir zur Zeit im Stande sind, die Bedeutung dieser scheinbar unwesentlichen Formenspiele zu enthüllen. Besonders groß ist die Verschiedenheit in der Form, Zahl und Anordnung der Oeffnungen, welche für das Hervortreten des Schlauches bestimmt sind. Es kommen vor von 1 (Gräser) bis zu 30 (Malven) Oeffnungen, bald runde Löcher (Kreuzblüthige), bald längliche Spalten (Lilien); zuweilen sind die Löcher noch mit einem eigenen Deckel versehen, wie bei der Gurke und dem Kürbis.

Es versteht sich von selbst, daß nach dem verschiedenen Bau der Narben, des Staubweges und der Höhle des Fruchtknotens auch der Weg, den die Schläuche des Blüthenstaubs durchlaufen, verschieden sein muß.

Bei der Ausbildung des Keims treten mannichfache Verschiedenheiten in der Zahl und der Form der einzelnen Theile auf. Die Nadelhölzer haben häufig bis zu 12 Keimblätter in Quirlform gestellt, die Zweisamenlappigen zwei, die Einsamenlappigen ein Keimblatt. Bei einigen Pflanzen, z. B. bei der Flachsseide, sind die Keimblätter gar nicht ausgebildet.

Ob sich ein Eiweißkörper bildet oder nicht, ist ebenfalls bei verschiedenen Pflanzen verschieden und hängt davon ab, ob sich der Keim so groß entwickelt, daß er alles übrige bis auf seine Samenschale verdrängt. Zuweilen entsteht der Eiweißkörper aus dem im Keimsack neu gebildeten Zellgewebe, wie bei den Gräsern, zuweilen aus einem Theil des nicht völlig verdrängten Kernes, wie bei der Seifenwurzel, selten findet beides gleichzeitig Statt, wie bei der weißen Seerose.

Endlich sind die äußeren Formen des Samens und der Frucht ebenfalls den mannichfachsten Verschiedenheiten unterworfen, deren Erörterung aber auch der beschreibenden Botanik überlassen bleiben muß.

Digitized by Google

B. Knospenbildung.

Die Knospenbildung ist, wie schon früher (§. 76.) erwähnt, eine Art §. 79.
der Fortpflanzung. Jede Pflanze besteht aus einem Stengel als Hauptkörper und Blättern als Seitengliedern. Die Blüthentheile, Samen und Früchte sind nur besondere Formen von Stengel und Blatt. Der untere Theil des Stengels, wenn er selbstständig fortwächst, ist die Wurzel. Ist diese einfache Wurzelbildung nicht genügend, oder gar nicht möglich, so bildet die Pflanze Nebenwurzeln, durch welche sie sich ernährt. Die einfache, aber vollständige Pflanze besteht also aus einem Stengel und den daran befestigten Blättern. In dieser Einfachheit finden wir aber nur sehr wenige Pflanzen, meistentheils entstehen an der Pflanze durch einfache Entwicklung bestimmter Zellen neue Pflanzen, die wir im unentwickelten Zustande Knospen nennen. Jede Knospe hat eine Stengelanlage, die nicht als gerade Fortsetzung eines schon vorhandenen Stengels erscheint, also mit den ebenfalls vorhandenen Blattanlagen eine neue Pflanze darstellt. 1) Werden die sämmtlichen in der Knospe vorhandenen Organe in Blüthentheile umgewandelt, so nennen wir es eine Blüthenknospe und später eine Blüthe. Diese bildet dann Samen, und dient so der regelmäßigen Fortpflanzung. 2) Entwickeln sich die Theile der Knospe in lebendiger Verbindung mit der Pflanze zu Stengel und gewöhnlichen Blättern, so nennen wir es eine Blattknospe und später einen Zweig, diese Knospen und Zweige können nur künstlich zur Fortpflanzung benutzt werden. Es ist schon gelungen, vorsichtig abgelöste Knospen z. B. der Linden zu säen und dadurch junge Bäumchen zu erziehen. Bekannt ist die Benutzung der Knospen zum Oculiren; der Zweige zu Pfropfreisern und Stecklingen. 3) In vielen Fällen trennt sich aber auch die Pflanze freiwillig von ihren Knospen und diese, Brutknospen genannt, wachsen zu neuen selbstständigen Pflanzen aus, es ist eine natürliche Fortpflanzung, aber ohne Samenbildung.

Die Knospen entstehen an sehr verschiedenen Theilen der Pflanze und auch diese Verschiedenheit verdient eine kurze Betrachtung. Zunächst unterscheiden wir die regelmäßigen Knospen von den zufälligen oder den Nebenknospen. Die regelmäßigen Knospen sind entweder das natürliche Ende jedes fortwachsenden Stengels, Endknospe genannt, oder die Anlage zu neuen Stengeln in dem Winkel, welchen ein Blatt mit dem Stengel bildet, die Blattachsel; diese letztern heißen Achselknospen. Die Achselknospen kommen einzeln oder zu mehreren vor, und im letzten Falle pflegt man wohl die mittelste und kräftigste die Hauptknospe, die andern die Beiknospen zu nennen. Die Nebenknospen können an jedem Theile der Pflanze unter besondern begünstigenden Umständen entstehen. Ganz ge-

Digitized by Google

wöhnlich erscheinen sie an den holzigen Stämmen der zweisamenlappigen Pflanzen an unseren Waldbäumen da, wo irgend eine Verletzung der Rinde zur Bildung eines holzigen Auswuchses, zu einer sogenannten Maserbildung Veranlassung gegeben hat.

Die Endknospen kommen fast immer zur Entwicklung und dienen so zur Verlängerung des Stengels, an welchem sie sich befinden. Nur sehr selten, wie z. B. an unserer Syringe (spanischen Hollunder), schlagen sie fast regelmäßig fehl. Es ist im ganzen äußerst selten, daß die Endknospe zur Brutknospe würde, und so viel bekannt, kommt dies nie bei Hauptstengeln, sondern nur bei Seitenzweigen vor.

Die Achselknospen sind zwar der Anlage nach immer vorhanden, aber sie kommen nicht immer zur Entwicklung. So kann man es fast als bezeichnend für die meisten einsamenlappigen Pflanzen und namentlich auch für die einjährigen Gräser ansehen, daß ihre Achselknospen nach Oben nur als Blüthenknospen, nach Unten aber in den Achseln der gewöhnlichen Blätter sich in der Regel gar nicht entwickeln. Daß sie aber der Anlage nach vorhanden sind, zeigt sich dadurch, daß sie unter begünstigenden Umständen sogleich zur Entwicklung kommen. Zu diesen begünstigenden Umständen gehört nun in allen Fällen die Zerstörung der Endknospe, oder doch die Hemmung ihres Wachsthums. Daher entwickeln sich die Achselknospen reichlicher, d. h. die Pflanze bestockt sich leichter und besser, wenn man Weizen oder Roggen im Herbst säet, so daß durch die bald eintretende niedrige Temperatur die Entwicklung des Haupttriebes in die Länge zurückgehalten wird, oder wenn man bei dem in warmer Herbstwitterung zu üppig aufgeschossenen Wintergetreide, entweder durch Mähen oder durch Abweiden den Wachsthum des Endtriebes beschränkt. Dies ist die Bedeutung des sogenannten Schröpfens des Getreides, welches auch dadurch noch seinen besondern Werth hat, daß jede Pflanze sich um so kräftiger und derber entwickelt, je mehr Achselknospen an ihr zur Ausbildung kommen. Zu den begünstigenden Umständen gehört zweitens eine sehr hohe Temperatur verbunden mit großer Feuchtigkeit der Atmosphäre, wodurch die Knospen- und Blattbildung besonders gefördert wird. Dem Einflusse derselben begegnen wir in einigen Küstengegenden Mexicos, wo der Weizen die schönsten und dichtesten Rasen bildet und als das beste Wiesengras cultivirt wird, aber niemals zur Blüthe und Fruchtbildung gelangt.

§. 80. Die Achselknospen und Nebenknospen sind es nun vorzugsweise, welche bei gewissen Pflanzen und unter gewissen Verhältnissen als Brutknospen auftreten.

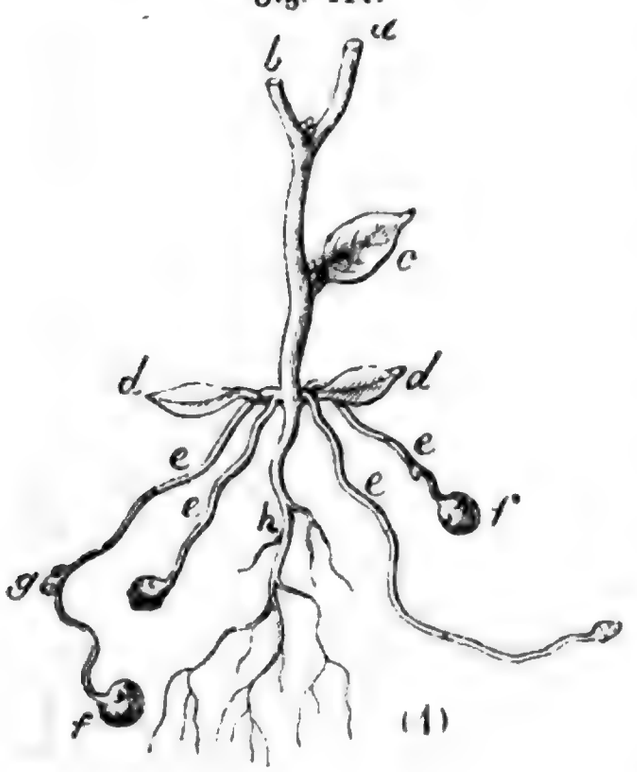
Sie erscheinen in mannigfacher äußerer Form. Uns interessiren hier nur drei Arten, entweder bleibt nämlich die Knospe in ihren wesent-

Digitized by Google

lichen Theilen unverändert, und zwar dann, wenn sie sogleich noch in Verbindung mit der Mutterpflanze Wurzeln schlägt, so bei den Ausläufern der Erdbeeren und ähnlicher Pflanzen, oder die einzelnen Theile der Knospe werden wesentlich verändert, indem sie fleischig anschwellen, sich mit einer großen Menge Nahrungsstoff füllen und dadurch in den Stand gesetzt werden, sich, ehe sie noch Wurzeln bilden, von der Mutterpflanze zu trennen, da sie für die Bildung neuer Wurzeln den nöthigen Stoff in sich selbst tragen. Nun besteht aber jede vollständige Knospe aus Stengel und Blättern und es kann jener Vorrath von Nahrungsstoff entweder in jenem oder in diesen abgelagert sein. Daraus geht nun die Verschiedenheit hervor, daß entweder die Blätter fleischig und dick geworden sind, während der Stengel in gewöhnlicher Form und sehr untergeordnet erscheint; diese Form der Brutknospen nennt man Zwiebeln, die Blätter Zwiebelschalen, den Stengel Zwiebelkuchen; oder der sämmtliche Nahrungsstoff hat sich im Stengel abgelagert und diesen fleischig aufgetrieben, die Blätter sind fast ganz verkümmert, desto mehr aber die in den Achseln dieser Blätter sitzenden Knospen entwickelt; solche Brutknospen nennt man Knollen und die Achselknospen derselben Augen. Hierher gehören insbesondere die Kartoffeln und Erdäpfel.

Als Beispiel will ich hier die Entstehung der Kartoffeln ausführen. Am leichtesten ist die Beobachtung an Pflänzchen, welche man aus Samen gezogen hat. Eine solche Samenpflanze etwa 6 Wochen nach dem Säen ausgehoben stellt Fig. 117. vor, nachdem der obere Theil des Stengels bei *a* und das zweite Blatt bei *b* abgeschnitten waren. Das erste Blatt noch einfach ist bei *c* noch vorhanden. Beide Blätter (*b c*) haben Zweigknospen in ihren Achseln. Noch sind an dem Pflänzchen die beiden Keimblätter oder Samenlappen (*d d*) vorhanden und aus den Achseln derselben entwickeln sich ebenfalls Zweigknospen zu ganz dünnen fadenförmigen Seitenzweigen (*e e e e*). Die Endknospen (*f f*) und die Achselknospen (*g*)

Fig. 117.



dieſer Seitenzweige (*e e e e*) ſind es nun, welche ſich knollenförmig zu Kartoffeln entwickeln. An der wirklichen Wurzel (*h*) entſtehen dagegen niemals Kartoffeln. Figur 118 ſtellt das Ende eines kartoffeltragenden Seitenzweiges dar und zwar den dünnen fadenförmigen Stengel (*a*) mit kleinen zu Schüppchen verkümmerten Blättern (*b b*) beſetzt. Die Endknospe (*c*) iſt fleiſchig angeſchwollen und ihre Blätter ſind noch mehr verkümmert. Fig. 119 endlich giebt eine vergrößerte Anſicht von einer zur Kartoffel werdenden Achſelknospe. An dem fadenförmigen Stengel (*a*) entwickelt ſich nämlich aus der Achſel eines ſchuppenförmigen Blattes (*b*) eine ſich ſogleich fleiſchig verdickende Knospe (*c*). Solche kartoffelntragende Seitenzweige entwickeln ſich aber nur aus den Achſeln der Keimblätter und der zunächſt folgenden Blätter, wenn dieſe der Erde nahe genug oder gar in dieſelbe eingeſenkt ſind, denn an den frei in der Luft ſich entwickelnden Seitenzweigen geht die Kartoffelbildung gar nicht oder nur unvollkommen von Statten. Dies iſt der Hauptgrund, weßhalb man die Kartoffeln anhäufelt, damit nämlich die untern Achſelknospen von Erde bedeckt und ſo in den Stand geſetzt werden, vollkommene Kartoffeln zu bilden. An den Rändern der Kartoffelfelder kann man nicht ſelten einzelne Stauden finden, welche ſchlecht gehäufelt ſind, ſo daß ſich die untern Seitenzweige über der Erde entwickelt haben; an einem ſolchen Zweige findet man denn leicht alle möglichen Uebergänge von ganz vollkommenen, aber grünen Kartoffeln bis zu ganz normalen Zweigknospen, indem der Stengeltheil der Knospe immer weniger fleiſchig erſcheint, die Blätter der Knospe dagegen ſich immer vollkommener entwickeln.

Fig. 118.

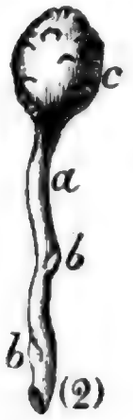


Fig. 119.

Eine ganz gleiche Entwicklung findet auch bei den Knollen der Erdäpfel oder Topinambours Statt, nur mit dem Unterſchiede, daß die knollentragenden Seitenzweige nicht ſo lang und dünn erſcheinen, wie bei der Kartoffelpflanze.

Die Trennung der Knospen von der Mutterpflanze zum Behuf der Fortpflanzung geſchieht entweder künſtlich oder natürlich. Die natürliche Trennung der Brutknospe von der Mutterpflanze kann man auf zwei Hauptverſchiedenheiten zurückführen.

a. Die Brutknospen ſitzen an einem gewöhnlichen Stengel, wie z. B. die kleinen Zwiebelchen in den Blattachſeln unſerer Feuerlilie, die Seitenzwiebeln (die ſogenannten Klauen) an dem bekannten Knoblauch. In dieſem Falle bildet ſich an der Grenze zwiſchen Knospe und Stengel eine

dünne Lage ganz zartwandiger und leicht zerstörbarer Zellen aus, welche gegen Ende des Sommers absterben und dadurch den Zusammenhang zwischen Brutknospe und Mutterpflanze aufheben, so daß im nächsten Jahr aus jeder Brutknospe eine neue selbstständige Pflanze hervorgehen kann.

b. Die Mutterpflanze treibt ganz lange dünne fadenförmige Seitenäste in oder auf der Erde und die an diesen Seitenästen befindlichen Knospen verwandeln sich in Brutknospen. Im Herbst sterben dann jene dünnen Seitenäste ganz ab und so werden die einzelnen Brutknospen von einander und von der Mutterpflanze getrennt. Dies ist der Fall bei den Ausläufern der Gartenerdbeeren, bei der Bildung der Kartoffeln und Erdäpfel u. s. w.

§. 81. Die künstliche Trennung der Knospen wird gewöhnlich nur bei den Zweigknospen angewendet, um Augen fürs Oculiren oder Reiser fürs Pfropfen u. s. w. zu erhalten, seltner wendet man sie bei Brutknospen an und ich wüßte hier kaum etwas anderes zu erwähnen, als das Zerschneiden der Kartoffeln oder das Ausstechen der Augen derselben, um an Saatkartoffeln zu sparen. Einer weiteren Erläuterung bedarf dieser letzte Punkt nicht. Jedes Auge, d. h. jede Knospe der Kartoffel ist entwicklungsfähig, wenn sie nur noch mit so viel Stengelsubstanz verbunden ist, daß sie neue Wurzeln treiben kann, insofern ist diesem Verfahren kein Einwurf zu machen. Es versteht sich ferner von selbst, daß sich aus der ganzen Kartoffel mit allen Augen mehr Stengel entwickeln müssen als aus einem einzigen Auge, aber ebenso gewiß ist auch, daß bei der ganzen Kartoffel sehr viele Stengel zu Grunde gehen, weil sie eben zu dicht und gedrängt hervorkommen, daß dagegen die wenigen Stengel eines Auges sich kräftiger und gesunder entwickeln werden, wodurch ein Theil jenes Ausfalls gedeckt wird und um so mehr, wenn man die einzelnen Augen dichter legte, als die ganzen Kartoffeln. Endlich ist gewiß, daß die unverletzte Kartoffel mit ihrer ziemlich derben Rinde weniger dem Faulen ausgesetzt ist, als die durch den Schnitt unnatürlich entblößten Zellen des Innern der Kartoffel; wichtig wird es daher, auf jeden Fall die zerschnittenen Kartoffeln oder ausgestochenen Augen erst eine genügende Zeit an der Luft liegen zu lassen, dabei verlieren die 2 bis 3 äußersten Zellenschichten der Schnittfläche durch Verdunstung ihren feuchten Inhalt, trocknen zusammen und bilden auf diese Weise gleichsam eine künstliche Rinde, welche genügt, das darunter liegende Zellgewebe zu schützen.

Die andern erwähnten Operationen, Oculiren, Pfropfen ꝛc., oder künstlichen Trennungen von Knospen zum Behuf der Fortpflanzung lassen sich in physiologischer Hinsicht auf zwei Gesichtspunkte zurückführen. Ein Theil jener Gartenarbeiten stützt sich auf die Eigenschaft der Pflanzen, unter begünstigenden Umständen aus allen Theilen und besonders aus dem Stengel neue Wur-

Digitized by Google

zeln, sogenannte Nebenwurzeln, zu entwickeln. Hierher gehört das Ablegen oder Absenken und das Stecklinge machen. Beide unterscheiden sich nur dadurch, daß beim Ablegen der Zweig so lange mit der Mutterpflanze im Zusammenhange bleibt, bis er Wurzeln getrieben, daß der Steckling dagegen sogleich abgeschnitten und zum Wurzeltreiben in die Erde oder ins Wasser gesetzt wird. Die zweite Abtheilung jener Arbeiten umfaßt aber das Oculiren und Pfropfen, nur dadurch verschieden, daß man bei jenem eine Knospe mit einem kleinen Rindenstücke ablöst, bei diesem aber die Knospe erst zu einem Zweige auswachsen läßt, ehe man sie abschneidet; in beiden Fällen überträgt man bekanntlich die Knospe oder das Pfropfreis auf einen andern Stamm, das Subject genannt, welchem man je nach den Zwecken, die man sich vorgesetzt hat, entweder vor der Operation, oder nachher seine sämmtlichen eigenen Knospen nimmt, oder auch ganz oder theilweise läßt. Dies letzte ist nämlich für das Verfahren des Uebertragens ganz Nebensache. Um das Oculiren und Pfropfen zu verstehen, muß man sich an das erinnern, was früher (§. 24.) über das Bildungsgewebe gesagt worden ist. Das Bildungsgewebe liegt zwischen der Rinde und den Gefäßbündeln (oder Holz) des Stammes und ist der lebendigste Theil desselben, in welchem fortwährend die Bildung neuer Zellen vor sich geht. Das ganze Gewebe strotzt von Saft, seine Zellen sind noch sehr jugendlich, daher zart und weich, fast gallertartig. Beim Oculiren wird nur eine Knospe mit der umgebenden Rinde soweit abgelöst, daß die innere Fläche der Rinde noch mit einer dünnen Schicht des Bildungsgewebes bedeckt ist, dann macht man in die Rinde eines andern Stammes einen Tförmigen Einschnitt und trennt dann mit einem stumpfen Instrumente die beiden dadurch gebildeten Rindenlappen behutsam vom Holze los. Die äußere Fläche des Holzes bleibt dann ebenfalls mit einer dünnen Lage des Bildungsgewebes bedeckt. Schiebt man nun das passend zugeschnittene Rindenstück mit der Knospe in jene gemachte Spalte hinein, so kommt natürlich Bildungsgewebe auf Bildungsgewebe zu liegen, beide Schichten kleben sogleich an einander und wachsen nun weiter fort als wenn nie eine Trennung Statt gefunden hätte. Beim Pfropfen verfolgt man nun ganz denselben Weg, indem man durch passendes Spalten des Subjects und Zuschneiden des Pfropfreises nur beabsichtigt, daß von beiden Theilen möglichst viel Bildungsgewebe in enge Berührung mit einander kommen.

Das Gelingen dieser beiden Operationen hängt, außer von der sorgfältigen Ausführung, noch davon ab, daß der Lebensproceß im Auge oder Pfropfreis und im Subject möglichst gleichartig ist, d. h. daß durch die Vereinigung beider nicht Flüssigkeiten in Berührung kommen, welche eine störende chemische Einwirkung auf einander auszuüben im Stande sind.

Digitized by Google

Deshalb gelingt das Pfropfen und Oculiren niemals von einer Pflanzenfamilie in die andere, selten von einem Geschlecht zum andern, besser schon von einer Art auf eine andere Art desselben Geschlechts z. B. von der Centifolie auf die wilde Rose, vom Pflaumenbaum auf die Schlehe; am sichersten aber kann man auf Erfolg rechnen, wenn man Auge oder Pfropfreis von einer Spielart auf die andere überträgt z. B. von der Herzkirsche auf die Vogelkirsche, oder von einer Apfelsorte auf die andere.

Das ist alles, was vom physiologischen Standpunkte aus über diese Verhältnisse zu bemerken ist. Alles Uebrige gehört in ein Handbuch der Gärtnerei.

C. Verhältniß beider Fortpflanzungsarten zu einander.

§. 82. Die beiden Arten der Fortpflanzung durch Samenbildung und durch Knospen stehen in einem eigenthümlichen Wechsel-Verhältniß zu einander, indem sie sich gegenseitig zwar nicht ausschließen, aber doch bedeutend beschränken. Im Allgemeinen kann man den Satz aufstellen, daß diejenigen Pflanzen, welche sich schnell und stark durch Brutknospenbildung vermehren, auch diejenigen sind, welche am seltensten blühen und Samen tragen. Das merkwürdigste Beispiel der Art ist die Wasserlinse, welche unsere Gräben und Teiche mit ihrer dichten grünen Decke überzieht. Kaum sind im Frühjahr die ersten Winterknospen aus dem Grund heraufgestiegen, als auch schon nach wenig Wochen die ganze Wasserfläche mit vielen Tausenden dieser Pflänzchen überdeckt ist, Pflänzchen, welche lediglich der Bildung von Brutknospen ihren Ursprung verdanken. Dagegen blüht dieses kleine Pflänzchen so selten, daß es viele Botaniker giebt, welche nie die Blüthen dieser Pflanzen gesehen haben. Pflanzen, welche früh schon alle ihre Knospen als Zweigknospen entwickeln, wie namentlich alle unsere Waldbäume, kommen immer erst nach vielen Jahren zur Blüthe, wenn sie sich schon zu ganz stattlichen Gewächsen entwickelt haben. Bei unsern Topfgewächsen ist es eine allen Gärtnern bekannte Erfahrung, daß dieselben bei reichlicher Nahrung und starkem Begießen, wobei sie alle ihre Knospen zu Zweigen ausbilden, häufig gar nicht zur Blüthe kommen, aber fast sogleich zum Blühen gezwungen werden können, wenn man sie in einen verhältnißmäßig kleinen Topf pflanzt und spärlich begießt. Schon früher habe ich angeführt, wie der Weizen in der Nähe von Veracruz in Mexico sich so stark bestockt, d. h. so viele Seitenknospen entwickelt, daß er den schönsten und dichtesten Rasen bildet, aber eben dieser Weizen kommt niemals zur Blüthe. Umgekehrt entwickeln alle unsere so übermäßig stark blühenden ein und zweijährigen Gewächse keine Zweig-

Digitized by Google

knospen und bilden eben deshalb keinen perennirenden Stamm, denn wie schon oben erwähnt wurde, je mehr Blätter eine Pflanze hat, desto stärker ist die Verdunstung und folglich die Nahrungsaufnahme durch die Wurzeln und die Ernährung, je mehr Blüthen dagegen, desto mehr Schmarotzer zehren an der Kraft des Stengels und saugen ihn aus.

In der Landwirthschaft ist dieses Verhältniß bisher fast nur bei den Kartoffeln in Frage gekommen. Unter unsern so reichlich knollentragenden cultivirten Kartoffeln sind viele Spielarten, welche gar niemals zur Blüthe kommen, während die spärlich kleine Knollen entwickelnde wilde Kartoffel äußerst reichlich blüht und Samen trägt. Eine bestimmte Anwendung hat man aber von jenem Verhältniß bei den Kartoffeln machen wollen, indem man vorschlug, denselben regelmäßig die Blüthe abzubrechen um dadurch die Entwicklung der Knollen zu befördern. Der hierbei zu Grunde liegende Gedanke ist ohne Zweifel richtig und hat sich auch bei der sorgfältigen Ausführung bewährt; ob die Sache aber wegen der vermehrten Kosten in ökonomischer Hinsicht vortheilhaft ist, hat die Pflanzenphysiologie nicht zu beantworten.

D. Verhältniß der Fortpflanzungsarten zur Erhaltung der Art.

§. 83. Die sämmtlichen einzelnen Naturkörper, welche wir Pflanzen nennen, vertheilen wir in eine große Anzahl von Atheilungen, die wir mit dem Ausdruck Art bezeichnen. Es versteht sich von selbst, daß eine solche Art nicht lauter Pflanzen begreift, welche sich in allen ihren Merkmalen und Eigenschaften gleich sind, sonst wäre jede einzelne Pflanze eine Art für sich, denn wer hat je zwei ganz genau gleiche Weiden oder Eichen oder Kohlstauden u. s. w. gesehen. Die Beobachtung hat aber gelehrt, daß, wenn man viele Samen, von einer Pflanze genommen, säet, daraus Pflanzen erwachsen, welche zwar in manchen Punkten von einander abweichen, aber doch in gewissen Merkmalen durchaus sämmtlich übereinstimmen. Dadurch wurde man auf den Unterschied von constanten und veränderlichen Merkmalen geführt, und zählte nunmehr alle Pflanzen zu einer Art, welche in allen constanten Merkmalen mit einander übereinstimmen. Wir wollen uns dabei nicht verhehlen, daß diese Bestimmung des Artbegriffs immer noch etwas sehr Schwankendes hat, denn die sogenannten constanten Merkmale sind nicht für alle Pflanzen dieselben. Bei manchen Pflanzen z. B. ist die Art der Behaarung ein ganz constantes Merkmal, bei andern dagegen bringen die geringsten Veränderungen im Standort, Temperatur und sonstigen äußeren Verhältnissen auch augenblicklich Veränderungen in der Art der Behaarung hervor. Daher kom-

Digitized by Google

men denn auch die unaufhörlichen Streitigkeiten unter den systematischen Botanikern oft über ganz gewöhnliche Pflanzen, ob dieselben eine besondere Art für sich ausmachen oder nur als Spielart zu einer andern Pflanzenart gehören.

Die Pflanzenarten stellt man dann nach bestimmten übereinstimmenden Merkmalen wieder in größere Abtheilungen, die Geschlechter, diese wieder in Familien und diese endlich in Classen zusammen. Uns interessiren hier diese systematischen Eintheilungen nicht, wohl aber haben wir hier das Verhältniß zu erörtern, in welchem diejenige Abtheilung, welche man als Pflanzenart bezeichnet, zu den verschiedenen Arten der Fortpflanzung stehe, denn man stellte gewöhnlich die Forderung auf, daß sich der Charakter der Art d. h. der Inbegriff aller sogenannten constanten Merkmale bei der Fortpflanzung durch Samen erhalten müsse. Aus dem Folgenden wird sich ergeben, daß wir für practische Zwecke mit all' diesen systematischen Unterscheidungen auch nicht viel anfangen können und daß wir uns an ganz andere Verhältnisse zu halten haben.

Sehen wir zu, was in der Natur wirklich vorgeht. Wenn wir die Samen irgend einer wilden Pflanze wieder auf den Boden säen, auf welchem sie gewachsen war, so werden allerdings die daraus entwickelten Pflanzen in den meisten Merkmalen untereinander und mit der Mutterpflanze übereinstimmen. War die Mutterpflanze aber auf Culturboden, z. B. in einem guten Gartenlande erzogen, so werden sich unter den aus ihren Samen erwachsenen Pflanzen gar mannigfache Verschiedenheiten zeigen, obwohl die sogenannten constanten Merkmale noch bei allen dieselben sind. Jene Verschiedenheiten bezeichnen wir nun mit dem Namen Spielarten. Angenommen, es wäre unter allen diesen Spielarten nun eine einzige Pflanze, welche sich von den andern durch etwas größere krausere Blätter unterschiede, wir sammelten ausschließlich von dieser Pflanze den Samen und säeten ihn wieder genau auf denselben Boden, so würden sich unter den daraus entstandenen Pflanzen schon mehrere finden, welche die größeren, krauseren Blätter hätten. Nehmen wir nun von der Pflanze, die diese Eigenheiten im auffallendsten Grade zeigt, abermals den Samen, säen ihn und fahren so fort durch eine Reihe von 10, 20 oder mehr Generationen, so bringen wir es zuletzt dahin, daß die aus den Samen aufgehenden Pflanzen alle ohne Ausnahme mit breiteren krauseren Blättern begabt sind, mit einem Wort, daß die Eigenschaft, welche anfänglich nur eine Spielart bezeichnete, jetzt ein constantes sich durch den Samen fortpflanzendes Merkmal geworden ist, vorausgesetzt, daß wir den Samen immer auf denselben Boden bringen, oder was dasselbe heißt, daß die Pflanzen immer unter denselben äußeren Einflüssen stehen. Nunmehr nennen wir es nicht mehr eine Spielart, sondern eine Unterart. Auf

Digitized by Google

dieſe Weiſe ſind aus dem wilden Kohl die vielen Kohlarten entſtanden, welche wir gegenwärtig in unſern Gärten cultiviren. Wenn wir aber den Samen einer Unterart nehmen, denſelben auf uncultivirtes Land ſäen und nun das Experiment im umgekehrten Sinne fortführen, ſo wird der Erfolg der ſein, daß zuletzt wieder die einfachen Formen der urſprünglichen wilden Pflanze zum Vorſchein kommen. Wenn wir aber geſehen haben, wie durch fortgeſetzte Cultur einer Pflanze unter gleichen Umſtänden in Zeit von einigen Jahrhunderten eine durch den Samen fortzupflanzende Unterart werden kann, ſo ſcheinen wir berechtigt zu ſein, auch weiter zu ſchließen, daß nämlich, wenn dieſelben Verhältniſſe viele Jahrtauſende hintereinander auf eine Unterart einwirken, dieſe zuletzt zu einer Art wird, d. h. daß nicht blos auf dieſem beſtimmten Boden und unter dieſen beſtimmten äußern Verhältniſſen aus dem Samen Pflanzen mit denſelben eigenthümlichen Merkmalen erwachſen, ſondern überall da, wo derſelbe ſeiner Natur nach überhaupt noch zur Entwicklung kommen kann. Wir können ſo ahnen, auf welche Weiſe die Natur im Laufe vieler Jahrtauſende die Zahl der Pflanzenarten vermehrt haben kann.

Den ganzen oben geſchilderten Vorgang, wie aus einer bloßen Spielart zuletzt eine Unterart mit ganz feſten Merkmalen hervorgehen kann, hatte man nicht beachtet, wenn man glaubte, ausſprechen zu dürfen, durch den Samen würden nur die Merkmale der Art fortgepflanzt, durch die Knospen dagegen die Merkmale, welche nicht zum Art-Begriff gehören. Der Satz iſt oft noch viel wunderlicher und verworrener ausgeſprochen worden, aber auch ſo wie er hier ſteht, iſt er zum Theil mangelhaft gefaßt, zum Theil entſchieden falſch. Falſch iſt der erſte Theil des Satzes, daß bei der Fortpflanzung durch Samen nur die Merkmale der Art erhalten würden, denn ob eine Pflanze 14 Tage früher oder ſpäter blüht, gehört ſicher nicht mit in den Begriff der Art und doch wird dieſes Merkmal z. B. bei den Erbſen ganz beſtimmt durch den Samen fortgepflanzt. Der Satz iſt aber auch im Ganzen mangelhaft gefaßt und drückt das nicht richtig aus, was eigentlich damit geſagt ſein ſoll.

Zunächſt müſſen wir hier wieder die Thatſachen zuſammenſtellen, um welche es ſich handelt. Wenn wir uns eine beſtimmte Apfelſorte, z. B. den Stettiner erziehen wollen, ſo nehmen wir aus vielen Gründen uns nicht die Mühe, den Samen zu ſäen und zum Baum erwachſen zu laſſen, denn es würden unter tauſend Samenpflanzen nur 2 oder 3 ächte Stettineräpfel ſein, um dieſe alſo zu erhalten, Raum, Koſten und Zeit vergeudet werden. Wir nehmen vielmehr einen paſſenden Stamm als Subject, und pfropfen darauf einen Zweig vom gewünſchten Apfel, weil wir gewiß wiſſen, daß das Pfropfreis, wenn es anſchlägt, nichts anders als Stettiner tragen wird. Wenn der Gärtner einen kranken Baum oder Buſch hat, deſſen

Digitized by Google

Blätter weiß gefleckt oder gestreift sind, was ein verdorbener Geschmack jetzt schön findet, und er will diesen Busch vermehren, so wird er nicht Samen sammeln, denn es ist sehr wahrscheinlich, daß von den aus Samen aufgegangenen Pflanzen keine einzige krank und mit weißgefleckten Blättern versehen ist. Der Gärtner schneidet vielmehr so viele Zweige ab, als er braucht und macht Stecklinge davon. Der einmal kranke Zweig bleibt aber auch gewöhnlich beim Weiterwachsen krank, wenn er nur unter denselben Umständen gehalten wird, unter denen sich die Krankheit erzeugte. Aber keineswegs findet das überall Statt. Das rohrartige Glanzgras unserer Ufer wird, auf trocknen sonnigen Standort verpflanzt, in kurzer Zeit krank, die Blätter werden weiß und grün gestreift, mit einem Wort, das sogenannte Bandgras unserer Gärten. Auf trockenem Standort erhält sich diese krankhafte Spielart vortrefflich, wenn man sie durch Ableger vermehrt; setzt man aber eine Pflanze dieses Bandgrases wieder in feuchten Boden, so ist es meist schon im nächsten Jahre mit den weißen Streifen aus, die Blätter sind wieder gesund und grün. Wenn im dichten Walde eine Eiche gefällt wird, so entwickeln sich nicht selten an dem stehenbleibenden Stock Nebenknospen, die zu Zweigen auswachsen, welche sich von den Zweigen des Stammes durch auffallend große oft fußlange und 3 Zoll breite Blätter unterscheiden. In den Handbüchern der Gärtnerei z. B. in Lindley's Theorie des Gartenbaues (im Original Seite 200) werden endlich auch davon Beispiele aufgeführt, daß das Subject einen verändernden Einfluß auf die Natur des Pfropfreises ausgeübt habe.

Wenn wir eine bestimmte Sorte Kartoffeln aus einem entferntern Landstriche holen, so wird zwar die Ernte im ersten Jahre noch der gewünschten Sorte entsprechen; in wenigen Jahren aber sehen wir uns genöthigt, neue Saatkartoffeln von demselben Landstrich kommen zu lassen, weil die Sorte, wie man zu sagen pflegt, ausgeartet ist; d. h. ungeachtet die Fortpflanzung hier beständig durch Knospen vermittelt wird, so bringen doch die veränderten äußeren Umstände auch bedeutende Veränderungen in den Eigenschaften der Pflanze hervor.

Aus allen diesen Thatsachen, die leicht in's Unendliche zu vermehren wären, folgt nun unmittelbar, daß es auch bei den Knospen von den äußeren Umständen abhängt, ob die aus ihnen hervorgegangenen einzelnen Pflanzen ganz genau alle Merkmale der Mutterpflanze beibehalten oder dieselben abändern. Da nun durch die Samen unter Umständen sehr unwesentliche Merkmale von der Mutterpflanze auf die jungen Samenpflanzen übergehen und auf der andern Seite aus Knospen erzogene Pflanzen in nicht unbedeutenden Merkmalen von der Mutterpflanze abweichen können, so ergiebt sich daraus, daß zwischen der Fortpflanzung durch Samen und durch Knospen nur ein gradweiser aber kein durchgreifender Unterschied

Digitized by Google

ſtattfindet. Wir können das zum Grunde liegende Geſetz vielmehr ganz allgemein ſo ausſprechen, daß bei der Fortpflanzung überhaupt um ſo mehr Merkmale und dieſe um ſo ſicherer von der Mutterpflanze auf die Tochterpflanzen übergehen, je länger das zur Fortpflanzung dienende Organ, ſei es Zelle, Same, Knospe oder Zweig, mit der Mutterpflanze in inniger und lebendiger Verbindung blieb, und je mehr die äußeren Umſtände, unter welchen die Tochterpflanze aufwächſt, genau dieſelben ſind, unter denen ſich die Mutterpflanze entwickelte. Der hier ausgeſprochene Grundſatz iſt es nun, welcher allein unſere Aufmerkſamkeit und Thätigkeit leiten kann, wenn es uns darum zu thun iſt, Pflanzen zu cultiviren, die immer genau dieſelben Eigenſchaften beibehalten ſollen.

Der innere Zuſammenhang, weshalb unſere Culturpflanzen überhaupt ſo ſehr zur Bildung von Spielarten und Unterarten geneigt ſind, kann, ſo weit er uns überhaupt bekannt, erſt ſpäter im dritten Buch bei der beſonderen Betrachtung der Culturpflanzen entwickelt werden.

Digitized by Google

Zweites Buch.

Physiologie der Thiere.

Einleitung.

Es kann hier nicht meine Absicht sein, eine ausführliche und ins Einzelne gehende Lehre von den landwirthschaftlich wichtigen Thieren vorzutragen. Es ist vielmehr überall in dem gegenwärtigen Werke nur die Aufgabe, erstens die theoretischen Naturwissenschaften in einem solchen Umfange zu entwickeln, als es ihr Verständniß und ihre Anwendung auf die Landwirthschaft nothwendig erfordert, und zweitens deutlich zu machen, wie die theoretischen Naturwissenschaften mit der landwirthschaftlichen Thätigkeit zusammenhängen und wie die richtige Einsicht und die eigentlich rationelle Praxis ohne daß man die theoretischen Grundsätze mit hinzubringt gar nicht denkbar sind. Wenn wir den Unterschied des gemeinen Bauers und des rationellen Landwirths vorzüglich darin setzen, daß Ersterer fortfährt, zu ackern, wie Vater und Großvater gethan, Letzterer aber durch Anwendung erworbener Kenntnisse seine Culturmethoden zu verbessern und dem Boden den höchsten Ertrag abzugewinnen weiß, so dürfen bis jetzt nicht gar zu viele Landwirthe sich stolz über den Bauer erheben, denn es ist noch bei einer großen Mehrzahl von einer klaren Einsicht in die Gründe ihres Thuns gar nicht die Rede, die Versuche werden meist aufs Gerathewohl in den Tag hinein gemacht, nach irgend woher entlehnten Recepten, deren Unanwendbarkeit an dem gegebenen Orte und unter den gegebenen Umständen oft wenigstens leicht von vorn herein einzusehen gewesen wäre, wenn man die richtigen naturwissenschaftlichen Kenntnisse zu Hülfe gerufen hätte. Dies gilt nun auch ganz besonders für die landwirthschaftliche Viehzucht und zumal für die ganze Lehre von der Ernäh-

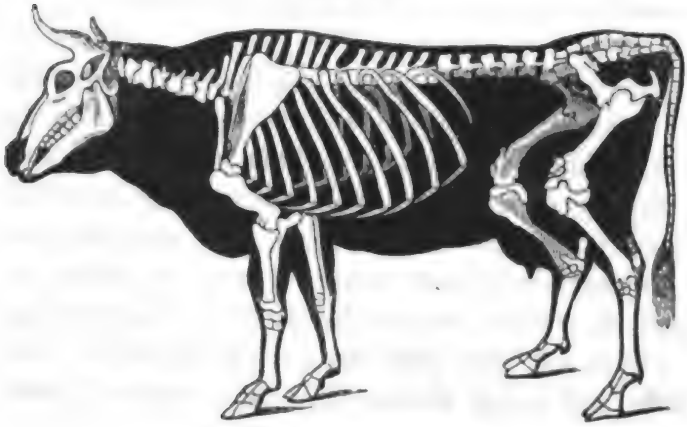
Digitized by Google

rung, und abgeſehen von allen übrigen Viehnutzungen iſt ſchon von vorn herein einzuſehen, daß der ganzen Düngerlehre der eigentliche Grund fehlt, wenn die Lehre von der Ernährung nicht richtig gefaßt iſt. Auch in den folgenden Erörterungen wird es ſich zeigen, daß uns faſt überall die Verſuchsreihen fehlen, welche von der phyſiologiſchen Theorie zur praktiſchen Anwendung die Brücke bauen ſollen, und welche zu liefern im Intereſſe und Berufe, ja in der Pflicht der landwirthſchaftlichen Inſtitute liegt. Möge man darin eine Erklärung und Entſchuldigung dafür finden, wenn ſich im Folgenden manche dürftige Andeutungen und ſelbſt Lücken finden, welche Niemand mehr einſehen und bedauern kann, als ich ſelbſt.

Der Gang, der, wie ich glaube, hier in dieſer Lehre einzuhalten iſt, wäre nun folgender. Vor Allem muß man eine allgemeine Ueberſicht des Baues der landwirthſchaftlichen Thiere, der Bedeutung und Thätigkeit ihrer einzelnen Organe ſich verſchaffen. Dies ordnet ſich am beſten nach einer Betrachtung der einzelnen Syſteme. Anatomie und Phyſiologie zu trennen erſcheint unzweckmäßig da, wo man nicht in alle Einzelheiten eingehen ſoll, ſondern gerade umgekehrt eine allgemeine Ueberſicht und Verſtändniß des innern Zuſammenhanges die Hauptſache bleibt. Dagegen bedarf es einer möglichſt gründlichen Darſtellung der Theorie der Ernährung, da von dieſer faſt die ganze Benutzung der landwirthſchaftlichen Thiere bedingt wird. Dies giebt uns nun die Eintheilung in einen allgemeinen Theil, der die Ueberſicht der Anatomie und Phyſiologie umfaßt und einen beſonderen, welcher ſich ausſchließlich mit der Ernährung beſchäftigt.

Um eine Zergliederung des erſten Theiles zu erhalten, müſſen wir folgende kurze Ueberſicht über den Bau der Thiere voranſchicken, wobei es ſich von ſelbſt verſteht, daß wir ausſchließlich auf die ökonomiſch wichtigen Thiere Rückſicht nehmen. Wie einem Hauſe das Holzgerüſte, ſo liegt dem Bau des ganzen Thieres die Geſammtheit der Knochen, welche man Skelett nennt, zu Grunde wie Fig. 120 recht gut bei einer Kuh zu veranſchaulichen vermag.

Fig. 120.



Unter einander ſind die Knochen durch verſchiedene Bänder, die Sehnen, verbunden. Um die Knochen herum legt ſich in

einzelnen dickern oder dünnern Bündeln oder Platten das Fleisch oder die Muskeln, welche ebenfalls durch Sehnen mit den Knochen zusammenhängen. Zwischen den Muskeln durch vertheilen sich die Blutgefäße oder Adern und die Nerven. Letztere hängen mit dem im Schädel liegenden Gehirn und dem im Kanal der Rückenwirbel liegenden Rückenmark zusammen. Theils durch den Knochenbau, theils durch die glatten Muskeln, theils durch die äußere Haut werden noch drei Höhlungen hervorgebracht, welche mit einander in gewisser Verbindung stehen, nämlich die Mundhöhle, die Brusthöhle und die Bauchhöhle. In diesen drei Höhlen befinden sich noch eine Reihe größtentheils unter einander zusammenhängender Organe, die sogenannten Eingeweide. Diese bestehen fast immer aus hohlen Säcken, einfachen oder baumförmig verästelten Röhren, welche aus einer Haut, der Schleimhaut, gebildet werden, die nichts weiter ist, als eine Fortsetzung der äußern Haut, in welche sie auch z. B. am Munde, am After u. s. w. geradezu übergeht. Zu dieser Haut, welche die Grundlage aller Eingeweide bildet, kommen dann noch mannichfache andere Theile, namentlich werden die Säcke und einfachen Röhren von Fleischfasern umschlungen, an alle Eingeweide verbreiten sich zahlreiche Blutgefäße und Nerven und bei den baumartig verzweigten Röhren werden die sämmtlichen Zweige, die Adern und Nerven, durch eine eigenthümliche faserige Substanz, das sogenannte Bindegewebe, zu einem abgeschlossenen Organ mit einander verbunden und nach außen hin abgeglättet. Der ganze Körper ist dann nach außen von der Haut umschlossen und zusammengehalten.

Untersuchen wir aber ein frisch getödtetes Thier, so finden wir, daß die einzelnen Theile auf mannichfache Weise aus sehr verschiedenen Elementen, aus Kügelchen, Fasern, aus festen, halbflüssigen und flüssigen Theilen zusammengesetzt sind, daß manche einzelne Elemente, z. B. Fasern, sich fast in allen Theilen wiederfinden. Auf der andern Seite zeigt sich uns bei der Untersuchung der Lebensthätigkeit der Thiere eine Reihe von ganz allgemeinen Beziehungen zu den physiologischen Kräften, welche sich nicht der besondern Betrachtnng eines einzelnen Systems oder Organs unterordnen lassen, die daher einen eigenen Abschnitt in Anspruch nehmen, den wir allgemeine Physik der Thierkörper nennen können. Hierher rechne ich das Verhältniß des Thierkörpers zu Wärme, Licht, Elektricität, Schwere, atmosphärischem Druck u. s. w.

So erhalten wir denn folgende Aufgaben für genauere Betrachtungen. Zuerst beginnen wir mit einer allgemeinen Betrachtung der Elementartheile der Kügelchen und Fasern, der Vertheilung der festen und flüssigen Massen. Dann unterwerfen wir nach und nach das Knochensystem mit den Bändern, das Muskelsystem, das Gefäßsystem, das Haut-

Digitized by Google

ſyſtem nebſt Haare und Wolle, den Speiſekanal mit der Lunge, die Blutdrüſen, die Harn- und Geſchlechtsorgane, das Bindegewebe, endlich das Nervenſyſtem mit den Sinnesorganen einer beſondern Unterſuchung. In jedem einzelnen Abſchnitt werde ich das auf den Bau der Theile Bezügliche voranſchicken und dann Dasjenige darauf folgen laſſen, was die Thätigkeit des Organs und ſeine Bedeutung für das ganze Leben des Thieres betrifft. Hierauf folgt dann die allgemeine Phyſik des Thierkörpers und endlich die ſpecielle Theorie der Ernährung.

Digitized by Google

Erſter Abſchnitt.

Allgemeine Betrachtung des Baues und der Lebensverrichtungen der Hausthiere.

I. Ueber Zuſammenſetzung des Thierkörpers im Allgemeinen.

§. 84. Wie wir bei der Pflanze gethan haben (S. 21 ff.), müſſen wir auch hier uns erſt ganz im Allgemeinen über die Elemente verſtändigen, aus denen der Thierkörper zuſammengeſetzt iſt. In dieſer Beziehung haben wir drei Verhältniſſe neben einander zu betrachten, nämlich 1) den Aggregatzuſtand der Körperbeſtandtheile. Hier zeigt ſich uns neben dem Feſten und Flüſſigen noch das Halbharte oder die ſogenannten Weichtheile, dem Umfange nach den bei weitem größten Theil des Körpers bildend; 2) die Elementarorgane, nämlich die kleinſten organiſchen Formen, welche durch ihr Zuſammentreten die größeren Organe des Körpers darſtellen. Dieſe Elementarformen zerfallen hauptſächlich in drei Gruppen, nämlich Zellen, getrennt und verbunden, Faſern, unregelmäßig verſchlungen oder in beſtimmte Bündel geordnet, endlich Röhrchen, welche immer mit einander in offener Verbindung ſtehen und zu Netzen oder Bündeln vereinigt ſind. 3) Die chemiſchen Beſtandtheile des Thierkörpers. Hierbei kommt es nicht auf eine vollſtändige Aufzählung ſämmtlicher im Thierkörper aufgefundener Stoffe an, ſondern nur auf eine überſichtliche Zuſammenſtellung der für das Leben des Thieres wichtigſten Verbindungen. Dieſe zerfallen dann in unorganiſche und organiſche Stoffe, und letztere wieder in ſtickſtoffhaltige und ſtickſtofffreie.

A. Aggregatzuſtände.

§. 85. Der thieriſche Körper iſt auf eigenthümliche Weiſe aus feſten und flüſſigen Beſtandtheilen zuſammengeſetzt. Die Thätigkeit aller unſerer

Digitized by Google

Maſchinen, z. B. einer Dampfmaſchine, ſetzt voraus, daß die einzelnen Theile derſelben beweglich ſind, und dieſe Eigenſchaft würde am ſicherſten erreicht werden, wenn man alle Theile aus flüſſigen Stoffen conſtruiren könnte, denn der flüſſige Zuſtand bietet den höchſten Grad der Beweglichkeit dar. Aber zweitens erfordert auch der Zweck einer Maſchine, daß ſeine einzelnen Theile ihre Formen beibehalten und einen gewiſſen Grad des Widerſtandes gegen einander ausüben und einen hinreichenden Grad der Cohäſion haben, um ihren Zuſammenhang nicht zu verlieren. Dieſer Anforderung widerſpricht aber der flüſſige Aggregatzuſtand geradezu, indem Flüſſigkeiten keine ſelbſtſtändige Form annehmen, eindringenden Körpern wegen der leichten Verſchiebbarkeit ihrer Theile keinen Widerſtand entgegenſetzen und im hohen Grade theilbar ſind wegen der geringen Cohäſion der einzelnen Theilchen. Bei unſeren Maſchinen müſſen wir daher zu ganz feſten Stoffen unſere Zuflucht nehmen oder die etwa nöthigen Flüſſigkeiten in feſte Behälter, Röhren u. dgl., einſchließen. Endlich ſind wir noch in der Weiſe beſchränkt, daß ſoviele feſte Stoffe in Berührung mit Waſſer einer ſchnellen chemiſchen Zerſetzung entgegengehen, wodurch ihre Geſtalt und chemiſche Natur zerſtört wird, ohne daß wir im Stande wären, beides augenblicklich wieder herzuſtellen. In dieſen Verhältniſſen liegt der Hauptunterſchied zwiſchen der Unvollkommenheit unſerer Maſchinen und der Vollkommenheit der Maſchinen des thieriſchen Körpers. Beim Aufbau der letzteren hat ſich die Natur vorzugsweiſe zur Bildung der eigentlich thätigen Theile ſolcher Subſtanzen bedient, die zwar eine feſte ſtoffliche Grundlage haben, aber ſo leicht und ſo innig von Waſſer durchdrungen werden, daß ſie bei großer Beſtimmtheit der Form, großer Zähigkeit des Zuſammenhanges doch eine ausnehmende Geſchmeidigkeit, Biegſamkeit und Weichheit anzunehmen im Stande ſind. Dadurch iſt die Beweglichkeit der Theile und die Leichtigkeit, ſie in Thätigkeit zu verſetzen, im höchſten Grade geſichert.

Allerdings iſt auch hier zu gewiſſen Zwecken eine größere Feſtigkeit nicht zu entbehren und es kommen daher zu den ſogenannten Weichtheilen, aus denen die Weichthiere, z. B. Meduſen, die nackten Schnecken, Würmer und andere ausſchließlich gebildet ſind, bei den höheren Thieren noch beſtimmte harte Gebilde hinzu. Um dieſe feſten Theile herzuſtellen, bedient ſich die Natur zweier einfachen Proceſſe. Entweder entzieht ſie nämlich den Weichtheilen mehr und mehr das Waſſer, wie bei dem Verhornungsproceß, bis die Stoffe faſt völlig als luftleer erſcheinen; ſo entſtehen die härteren und feſteren äußeren Bedeckungen des Thierkörpers, die Oberhaut mit ihren Anhängen, den Haaren, Nägeln, Klauen, Hörnern. Oder neben der Verminderung des Waſſers wird auch noch gleichzeitig unorganiſche erdige Subſtanz in den Weichtheilen abgelagert,

Digitized by Google

die allmälig so überhand nimmt, daß sie bei weitem den größeren Theil ausmacht; dadurch entstehen aus dem anfänglich weichen fast gallertartigen Knorpel die Knochen und Zähne, von denen jene etwa 66 Procent, diese sogar 98 Procent unorganischer Bestandtheile und zwar vorzugsweise phosphorsauren und kohlensauren Kalk enthalten. Auf diese Weise nehmen z. B. die Zähne in ihrer sogenannten Emaille (Schmelz) eine solche Härte an, daß sie selbst am Stahle Funken geben.

Auf der andern Seite bedarf es zur Erreichung der Vollkommenheit des thierischen Körpers auch völliger Flüssigkeiten, die sich mit Leichtigkeit überall hinbewegen können, wo sie ihre Zwecke erfüllen sollen. Aber auch hier giebt es noch eine eigenthümliche Mittelstufe zwischen jenen Weichtheilen und den vollkommen gleichartigen Flüssigkeiten. Während die Weichtheile eigentlich von vieler Flüssigkeit durchdrungene feste Stoffe sind, so sind das Blut, die Lymphe und so weiter Flüssigkeiten, in welchen bestimmt geformte feste Theile suspendirt sind, nämlich die Blutkügelchen, die Lymphkörnchen und dergleichen mehr.

So haben wir also im Thierkörper vier verschiedene Zustände der Substanzen, aus denen derselbe zusammengesetzt ist, nämlich 1) die festen Theile, z. B. Knochen, Klauen. 2) Die Weichtheile, d. h. feste Bestandtheile mit Flüssigkeit durchdrungen, z. B. Muskeln, Nerven. 3) Flüssigkeiten, in denen feste Theile suspendirt sind, z. B. Blut, Milch. 4) Ganz reine gleichartige Flüssigkeiten, z. B. die Thränen, der Harn, welchen sich nur zufällig vielleicht feste Bestandtheile beimischen, die aber nicht zu ihrer nothwendigen Eigenthümlichkeit gehören.

Zu dieser großen Mannigfaltigkeit der aufs genaueste dem Zwecke angepaßten Aggregatzustände kommt aber nun noch ein anderes Mittel der Natur, ohne welches das erste nicht genügen würde, der Maschine die dauerhafte Vollkommenheit zu verleihen, welche wir am thierischen Körper bewundern. Wenn wir einen Muskel aus einem Thiere herausschneiden, feucht erhalten und der Atmosphäre aussetzen, so geht derselbe schnell in Fäulniß über und wird zerstört, könnten wir also auch für die Zusammensetzung einer Maschine Muskelsubstanz anfertigen, so würde es uns doch nichts helfen, da das Ganze sehr schnell unbrauchbar werden würde. Auch bei den festesten Stoffen, die wir zum Bau unserer Maschinen nehmen, z. B. bei Gußeisen, findet allmälig eine Abnutzung Statt, welche den Gang ungenau macht und zuletzt hemmt. Wir müssen dann das ganze Werk aus einander nehmen und ein neues Stück hineinsetzen. Mit einem sehr einfachen Mittel wird diesen beiden Unvollkommenheiten in dem Thierkörper begegnet; dieses Mittel ist der Stoffwechsel. Die thätigen Theile des Thierkörpers werden auch fortwährend abgenutzt, aber nicht in irgend einem Ende, während das andere unangegriffen bleibt, wie etwa

Digitized by Google

bei einem Rade nur die Zapfen und die Zähne sich abreiben, sondern durch den ganzen Muskel, der sich gerade bewegt, wird in den kleinsten Theilen ein wenig der Substanz und zwar diejenige, welche nicht mehr ganz frisch und kräftig ist, chemisch zersetzt, die Zersetzungsstoffe werden fortgeführt und aus dem Körper hinausgeschafft, während gleichzeitig aus der den ganzen Muskel durchdringenden Flüssigkeit die eben zerstörte Substanz wieder neu gebildet wird. Auf dieselbe Weise geht es im ganzen Körper, in jedem Theile wird fortwährend ein kleines Theilchen abgenutzt, aber, um mich so auszudrücken, der Schaden auch gleich wieder reparirt. Es bleibt der Zusammenhang des ganzen Körpers und aller seiner einzelnen Organe fortwährend unangetastet und fähig für die Ausübung seiner Thätigkeiten, während in jedem Augenblicke auch überall in den kleinsten Theilen das Abgenutzte weggeführt und durch neue Bildung wieder ersetzt wird. Die Möglichkeit dieses Stoffwechsels beruht nun aber wesentlich eben auf dem eigenthümlichen Zustand der Weichtheile, während in den Knochen die Abnutzung und Erneuerung viel langsamer vor sich geht, in den Horngebilden dagegen zwar eine beständige Neubildung von Innen her, aber nur eine rein mechanische Abnutzung auf der Oberfläche Statt hat. Die Weichtheile dagegen sind beständig in allen ihren Theilen von den leicht beweglichen und durch die Thätigkeit des Körpers auch in der That fortwährend in Bewegung erhaltenen Flüssigkeiten durchdrungen, alle Zersetzungsproducte abgenutzter Theilchen werden daher von der fortgehenden Flüssigkeit aufgenommen und mit abgeführt, während die neu nachdringende Flüssigkeit stets wieder die Stoffe herbei bringt, aus welchen der Verlust augenblicklich wieder ersetzt werden kann. So ist diese künstliche Maschine gleichsam in jedem Augenblicke neu und vollkommen und dauert bei aller ihrer Künstlichkeit länger, als die einfachsten und zweckmäßigsten von Menschen construirten Werke.

Indeß ist auch beim Thierkörper eine Gränze gesetzt. Die Umänderungen, welche durch den Stoffwechsel herbeigeführt werden, gleichen die durch die Thätigkeit des Körpers herbeigeführte Abnutzung nur annäherungsweise, aber nicht ganz vollkommen aus. Besonders werden dem Körper mehr erdige Bestandtheile zugeführt und in ihm abgelagert, als derselbe durch Ausscheidung verliert und so wird nach und nach die Weichheit und Beweglichkeit der Theile gestört, dadurch überhaupt die gesammte Thätigkeit vermindert, und so tritt doch am Ende nach einem gewissen Zeitverlaufe (der natürlichen Lebensdauer) eine Stockung der ganzen Maschine (der Tod) ein.

Jener Stoffwechsel bedingt bei dem Thiere das Nahrungsbedürfniß auch dann noch, wenn es ausgewachsen ist, also sich nicht mehr vergrößert, denn der verbrauchte und ausgeschiedene Stoff muß wieder ersetzt werden.

Digitized by Google

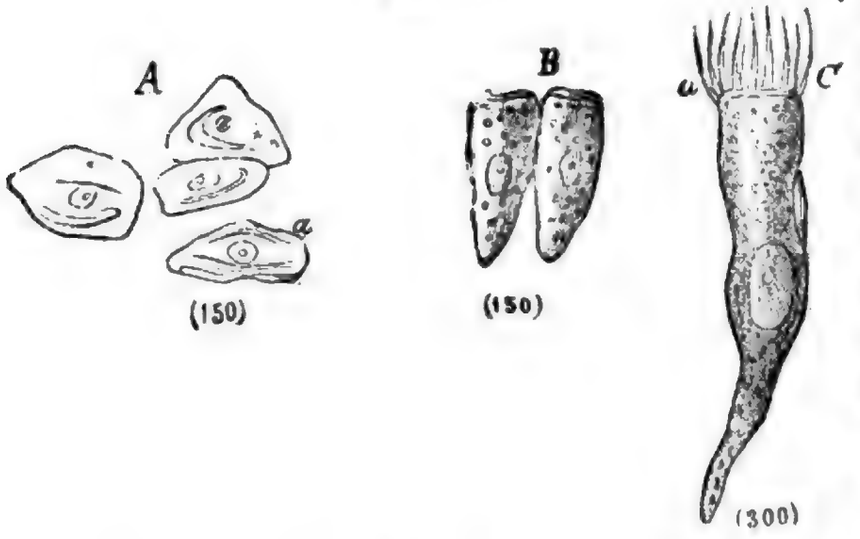
Dieser Stoffwechsel giebt aber auch zweitens den wesentlichen Unterschied in dem Leben der Thiere und der Pflanzen, welche letztere Nahrung aufnehmen nur um sich zu vergrößern, ohne eigentlich Stoff zu verbrauchen und abzunutzen. Die Pflanze nimmt ununterbrochen bis zu ihrem Tode an Gewicht zu, das Thier dagegen wird, so bald es ausgewachsen ist und naturgemäß lebt, für eine lange Zeit durch Nahrung und Ausscheidung weder schwerer noch leichter.

B. Elementartheile.

Der thierische Körper ist, wie der Pflanzenkörper, zusammengesetzt aus kleinsten Formbestandtheilen. Wir finden aber im Thierkörper nicht die Einfachheit des Pflanzengewebes. Bei diesem bestand alles aus einfachen Zellen, welche im Ganzen durch verschiedene Ausdehnung und Verdickung ihrer Wände nur in Unwesentlichem sich von einander unterscheiden. Bei allen Pflanzenzellen tritt uns wenigstens im jüngern Zustande ein eigenthümliches Körperchen, der Zellenkern (S. 24), auffallend entgegen. §. 86.

Beim Thiere spielt dieser Zellenkern, äußerlich ganz dem pflanzlichen ähnlich, auch eine große Rolle; es finden sich sogar in manchen Theilen vollkommene Zellen, welche fürs Auge kaum von Pflanzenzellen zu unterscheiden sind (Fig. 121 *A B*), aber ein bei weitem größerer Theil der thierischen Gewebe entfernt sich wesentlich von der Zellenbildung und man kann nur künstlich die Formen auf dasselbe Bildungsgesetz zurückführen. Wenn man sich nämlich denkt, daß in dem Stoffe, aus welchem die thierischen Organe sich bilden sollen, die Zellenkerne entstehen und daß gleichsam zu jedem Kerne eine bestimmte Menge des Stoffes für die zukünftige Zelle gehört, so ist zwar die allgemeine Grundlage gegeben, aber es hängt nun von den ferneren Bildungsvorgängen ab, ob sich der zu jedem Zellenkern gehörige Stoff wirklich zu einer Zelle entwickelt oder ob er noch, ehe es so weit kommt, schon mit dem Stoffantheil anderer Kerne zusammenschmilzt und mit den-

Fig. 121.



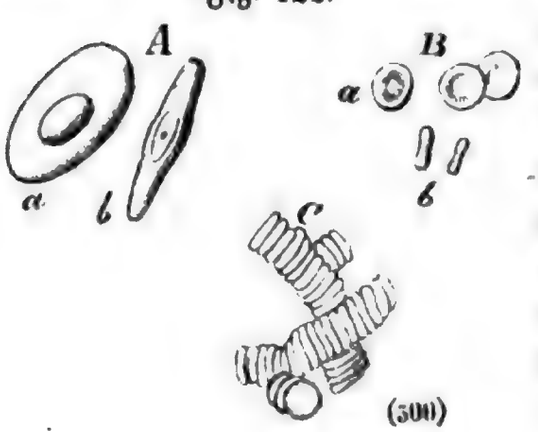
ſelben in Faſern zerfällt oder ſich zu Röhren zuſammenordnet, wobei die Kerne ſich auch entweder in Faſern ausdehnen oder in der Röhrenwand eingeheftet bleiben oder endlich ſpäter aufgelöſt und fortgeführt werden. Sehen wir von der noch theilweiſe dunkeln Entwickelungsgeſchichte ab und halten uns nur an den augenblicklichen erſten Eindruck, ſo können wir folgende Elemente des thieriſchen Körpers unterſcheiden: Zellen, Faſern und Röhren. Jedes dieſer Gebilde wollen wir noch etwas genauer betrachten.

a. Zellen.

§. 87. Die Zellen des thieriſchen Körpers kommen in doppelter Weiſe vor, einmal frei und dann zu Geweben vereinigt. 1. Die freien Zellen finden wir in verſchiedenen Flüſſigkeiten des Körpers ſuspendirt, insbeſondere gehören hierher die Blutkörperchen und die Lymphkügelchen; jene gehören zur natürlichen und geſunden Beſchaffenheit des Blutes, dieſe zu der der Lymphe. Beide ſcheinen aber nur verſchiedene Entwicklungszuſtände deſſelben Elementartheiles zu ſein, die Lymphkörperchen gehen mit in den Kreislauf des Blutes über und verſchwinden darin allmälig, auch findet man in dem Blute Formen, welche deutliche Uebergänge bilden. In den Lymphgefäßen, beſonders im Milchbruſtgange, findet man theils kleine, kugelrunde zarte Zellen mit einem deutlichen Zellenkerne, theils freie Zellenkerne. Die letzteren nehmen gegen das Ende des Milchbruſtganges ab, gegen die Milchgefäße des Darmes hin zu, und bilden in der Nähe des Darms ſelbſt neben vielen Fetttröpfchen die einzigen feſtern Theile der Lymphe. Mit der Lymphe werden die ausgebildeten Lymphkügelchen oder Zellen fortwährend dem Blute beigemiſcht, worin ſie, wie es ſcheint, allmälig in Blutkörperchen verwandelt werden

Die Blutkörperchen ſind ebenfalls vollſtändige Zellen, indeß iſt der Kern wenigſtens bei den verhältnißmäßig kleinen Blutkörperchen der Säugethiere nicht wahrzunehmen, während derſelbe bei denen der Amphibien, z. B. der Fröſche (Fig. 122 *A*), ſehr deutlich iſt. Von den Lymphkügelchen unterſcheiden ſie ſich außerdem vorzüglich dadurch, daß ſie nicht mehr kuglig, ſondern vielmehr ſcheibenförmig ſind, wie deutlich (in Fig. 122 *A*) die Blutkörperchen aus dem Froſchblute zeigen, welche, von der Fläche geſehen, wie eirunde Scheiben (Fig. 122 *A a*), von der Kante geſehen wie in der Mitte etwas verdickte Stäbchen (Fig. 122 *A b*) erſcheinen. Bei den Säuge-

Fig. 122.



thieren dagegen sind die Blutkörperchen kreisrunde, flache Scheiben (Fig. 122 *Ba*), die auf beiden Flächen schwach vertieft erscheinen. Dies tritt besonders auffallend hervor, wenn man sie von der Kante betrachtet (Fig. 122 *Bb*), was alles am deutlichsten beim Menschenblut, das man sich leicht durch einen Nadelstich verschaffen kann, zu beobachten ist (Fig. 122 *BC*). Wenn das aus der Ader gelassene Blut gerinnt, so kleben die Blutkörperchen leicht mit der flachen Seite zu kleinen stabförmigen verzweigten Haufen (Fig. 122 *C*) aneinander.

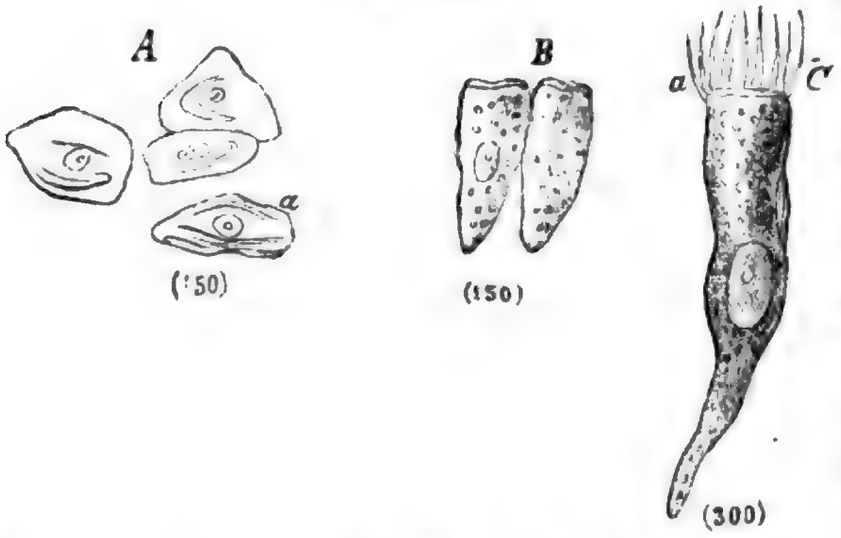
Der zweite wichtige Unterschied der Blutkörperchen von den Lymphkügelchen besteht darin, daß diese farblos, jene aber gelblich oder, in Masse beisammen gesehen, scharlachroth erscheinen. Diese Farbe rührt von dem Blutfarbestoff her, welcher eisenhaltig ist, sich leicht im Wasser, aber nicht in selbst sehr verdünnten Lösungen von Salzen und deßhalb auch nicht in der Blutflüssigkeit auflöst. Will man daher Blutkörperchen in größerer Menge zu ausführlicher Untersuchung sich verschaffen, so muß man das Blut erst durch Schlagen vom Faserstoff befreien (Bd. II. S. 161), dann das Blut mit einer Glaubersalzlösung versetzen und so filtriren und nachher die auf dem Filtrum zurückbleibenden Blutkörperchen mit einer Glaubersalzlösung auswaschen. Bei dieser Operation werden die Blutkörperchen gewöhnlich dunkler und gehen in den Zustand über, in welchem sie sich in den Blutadern befinden Wenn man dagegen in die Flüssigkeit auf dem Filtrum durch eine Röhre Luft einbläst und so dieselbe fortwährend in Bewegung erhält, so bleiben die Blutkörperchen schön hellroth und in dem Zustande des Schlagaderblutes.

Irgendwo im Körper werden die gleichsam abgenutzten Blutkörperchen auch zerstört und aufgelöst, so wie sie aus der Lymphe immer wieder neu gebildet werden. Es ist aber noch nicht gewiß, ob diese Auflösung der Blutkörperchen in der Milz, in der Leber oder in beiden Organen stattfindet.

2. Wir finden ferner die Elementarorgane, welche sich als ohnzweifelhafte in gewisser Hinsicht den Pflanzenzellen analoge Zellen zeigen, zu verschiedenen Geweben verbunden. Die Vermuthung liegt zwar sehr nahe, daß sich die Zellen des in alle Theile sich verbreitenden Blutes in den einzelnen Geweben absetzen und hier zu Bildung derselben gebraucht werden. Diese Voraussetzung ist aber eine durchaus irrige. Das Blut läuft überall in Röhren mit eignen undurchlöcherten Wänden und es können daher keine Blutkörperchen aus der Blutbahn ohne regelwidrige Zerstörung der Wandungen austreten, sondern es kann nur die Blutflüssigkeit durch die zarten Wände der feinsten Gefäße durchdringen. Aus dieser Flüssigkeit, die eigentlich die allgemeine Nahrungsflüssigkeit im thierischen Körper ist, bilden sich dann die einzelnen Gewebtheile und so auch die Zellen. §. 88.

Am leichteſten findet man die zu Geweben verbundenen Zellen in dem zarten Hautüberzug, welcher die inneren Theile, z. B. Mund, Naſenhöhle, mit einem Wort die ſogenannten Schleimhäute bedeckt. Man darf nur mit dem Fingernagel ein wenig an der innern Fläche der Backe ſtreifen und hat ſogleich in der weichen weißen Subſtanz, die ſich leicht ablöſt, eine große Menge dieſer Zellen, welche ziemlich flach, waſſerhell und mit einem deutlichen Kern verſehen ſind (Fig. 123 *A*). Nicht ſelten erkennt man deutlich die Falten der Zellenmembrane (Fig. 123 *A a*). Weiter im Innern des Körpers, in der Speiſeröhre z. B., ſind dieſe Zellen nicht flach, ſondern etwas in die Länge geſtreckt, und bilden ſo, neben einanderſtehend, den Ueberzug d. Schleimhaut (Fig. 123 *B*).

Fig. 123.



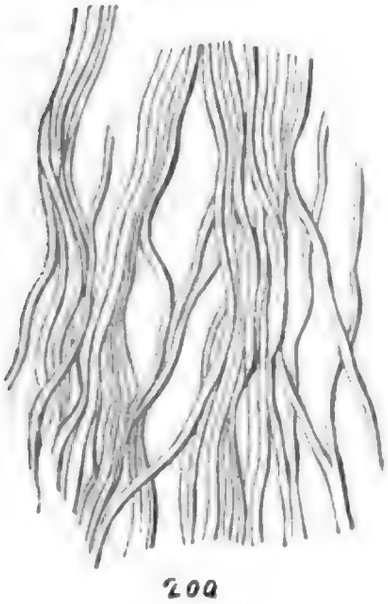
Am auffallendſten gebildet ſind ſie in den obern Theilen der Naſenhöhle und in der Luftröhre, hier erſcheinen ſie als ziemlich langgeſtreckte unten in einen dünnern Schwanz auslaufende Kölbchen. Auch ſie bilden, nebeneinander geſtellt, den Ueberzug der Schleimhaut (Fig. 123 *C*). Die obern Enden der Zellen, welche, nebeneinanderliegend, die freie Fläche der Schleimhaut ausmachen, zeigen aber bei dieſen letzten Zellen eine wunderbare Erſcheinung. Das Ende iſt nämlich mit einem Büſchel ganz feiner Wimpern beſetzt (Fig. 123 *Ca*), die nicht nur während des Lebens, ſondern auch noch nach dem Tode des Thieres, unter günſtigen Umſtänden ſelbſt noch längere Zeit an der einzelnen abgetrennten Zelle, in einer beſtändigen Bewegung ſind, indem ſie ſich krümmen und wieder gerade ſtrecken. Da dieſes bei allen Wimpern einer Schleimhautfläche ſtets in derſelben Richtung geſchieht, ſo entſteht dadurch in der die Schleimhaut bedeckenden Flüſſigkeit nothwendig ein Strom, der kleine Körperchen, z. B. Blutkörperchen, mit ziemlicher Schnelligkeit fortreißt. Man kann dies leicht beobachten, wenn man ein kleines Stückchen der innern Oberfläche der Luftröhre eines friſch getödteten Ochſen oder eines andern Thieres mit einem Tropfen Waſſer unter das Mikroſkop bringt, wo ſich augenblicklich das Schauſpiel deutlich vor Augen ſtellt. Dieſe Wimper- oder Flimmerzellen finden ſich beſonders in den Athmungs- und Geſchlechtsorganen der Thiere. Auch die äußere Haut des Thieres iſt aus Zellen

zuſammengeſetzt, die in der Tiefe mehr zart und rundlich, an der Oberfläche aber hart, ganz platt und ſo feſt verbunden ſind, daß man ſie oft nur durch concentrirte Schwefelſäure als kleine flache Schüppchen von einander trennen kann. Bei der Bildung des Haares dagegen werden dieſelben Zellen ſtatt zu flachen Schüppchen zu längeren derben Faſern, welche ſich feſt an einander legen und ſo das Haar bilden, welches nur äußerlich noch mit einer einfachen Lage flacher Schuppenzellen überkleidet iſt.

b. Faſern.

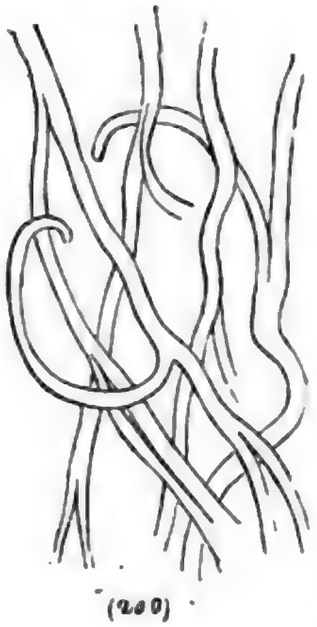
Wenn man ein friſch getödtetes Thier enthäutet, ſo findet man, daß §. 89.
die Haut durch ein weißliches, theils in Fäden, theils in Blättchen ſich auseinanderziehendes Gewebe an die darunter liegenden Muskeln oder das Fleiſch angeheftet iſt, ein gleiches Gewebe liegt auch zwiſchen den einzelnen Muskeln und klebt ſie an einander. Man nennt es das Bindegewebe. Betrachtet man ein kleines Stückchen dieſes Gewebes unter dem Mikroſkop, ſo findet man bald, daß daſſelbe aus fein wellig gebogenen, oft durcheinander geſchlungenen und gleichſam verfilzten Fäden beſteht, welche waſſerhell oder ſchwach gelblich erſcheinen und ziemlich zähe ſind (Fig. 124).

Fig. 124.



200

Fig. 125.



(200)

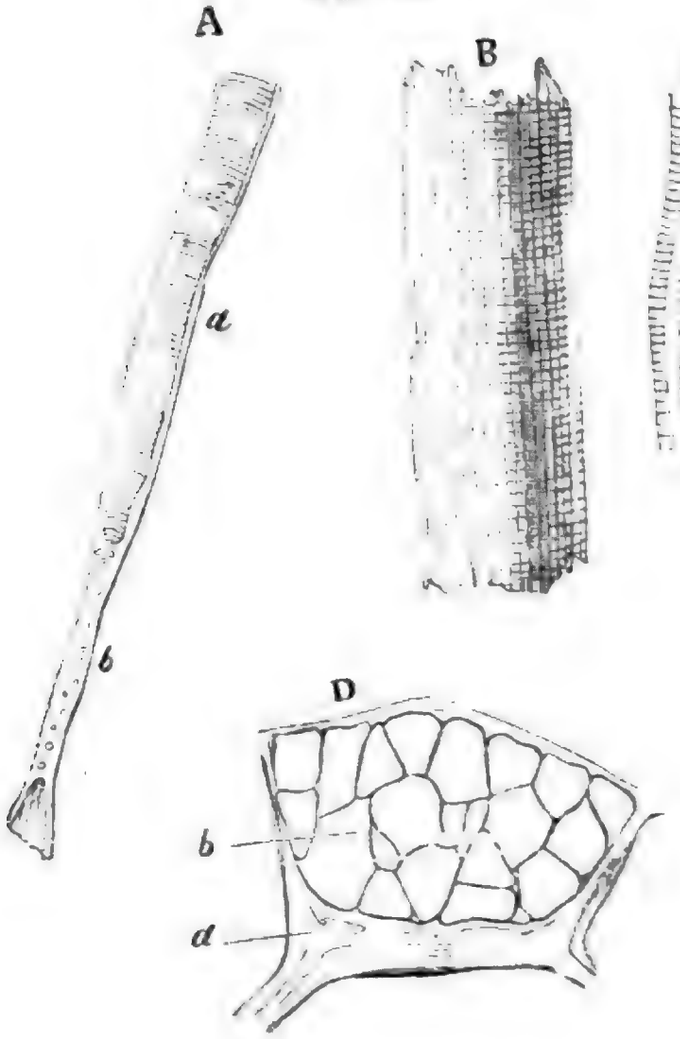
Aehnliche Fäden treten uns bei Unterſuchung faſt jedes Körperorgans entgegen, weil das Bindegewebe außerordentlich verbreitet iſt, überall die übrigen Theile mit einander verknüpft und die Lücken ausfüllt. Noch derber, dicker, etwas dunkler gefärbt erſcheinen die Faſern, welche die Sehnen (die Endungen der Muskeln) bilden, ſowie die ſehnigen Bänder, welche die Knochen zuſammen vereinigen. Am ſtärkſten entwickelt, oft geſpalten, oder veräſtelt und an den Enden gleichſam elaſtiſch ſich zurückrollend zeigen ſie ſich in einem der ſtärkſten und feſteſten Bänder des Thierkörpers, im ſogenannten Nackenband, welches dazu beſtimmt iſt, den Kopf zu tragen (§. 94). Fig. 125 ſtellt einige dieſer Faſern aus dem Ochſen dar.

Ganz anders erſcheinen uns die Faſern, aus welchen die Muskeln beſtehen. Wenn man ein kleines Stückchen Fleiſch mit Nadeln zerfaſert

Digitized by Google

und die Fasern unter das Mikroskop bringt, so erscheinen sie wie ziemlich grobe dicke Stricke. Bei größerer Aufmerksamkeit erkennt man aber, daß diese Fasern, man nennt sie Primitivbündel, nicht einfach sind, sondern durch eine feine Längsstreifung andeuten, daß sie Bündel von ganz feinen Fasern vorstellen (Fig. 126 *B*), welche letztere man Primitivfasern nennt. Zuweilen gelingt es auch noch, das Primitivbündel mit Hülfe der Nadeln und des Drucks einer kleinen Glasplatte aufzulösen und man erhält dann die einzelnen Primitivfasern (Fig. 126 *C*). Ich bemerke hier nur vorläufig, weil ich später ausführlich darauf zurückkommen muß, daß sowohl Primitivbündel als Primitivfasern gewöhnlich ganz feine Querstreifen zeigen (Fig. 126 *A B C*).

Fig. 126.



c. Röhren.

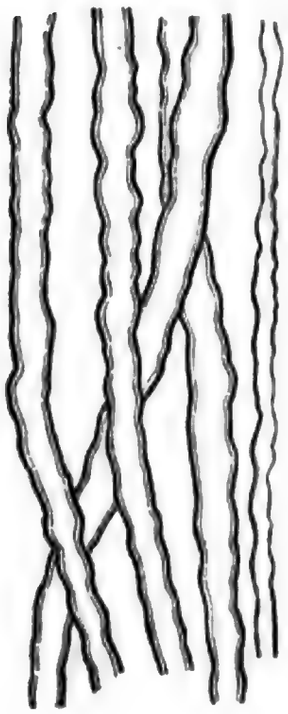
§. 90. Das Gehirn und das Mark, in dem Kanal der Rückenwirbel, endlich die Nerven bestehen, unter dem Mikroskop betrachtet, dem Wesentlichen nach aus langen Röhren ohne Anfang und ohne Ende, denn an beiden Seiten sieht man sie stets abgeschnitten, nicht natürlich geendet (Fig. 127).

An gewissen Stellen in den sogenannten Nervenknoten oder Ganglien beobachtet man, daß die Nervenröhren mit ihren Bindegewebsscheiden plötzlich zu Zellen ähnlichen Blasen mit deutlichem Kern und Kernkörperchen anschwellen; die Scheide scheint dabei in die Zellenwandung überzugehen, die doppelte Gränzlinie der Nervenröhre selbst verliert sich

Digitized by Google

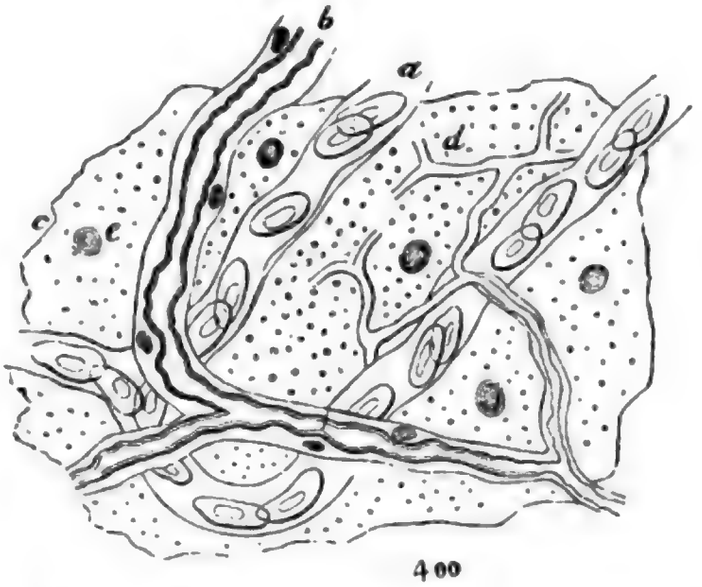
und was früher ein mehr gleichförmiger öliger Inhalt der Röhre war, wird in der Anschwellung zur feinkörnigen schleimig zähen Substanz. Man nennt diese Anschwellungen (Fig. 128) Ganglienkugeln.

Fig. 127.



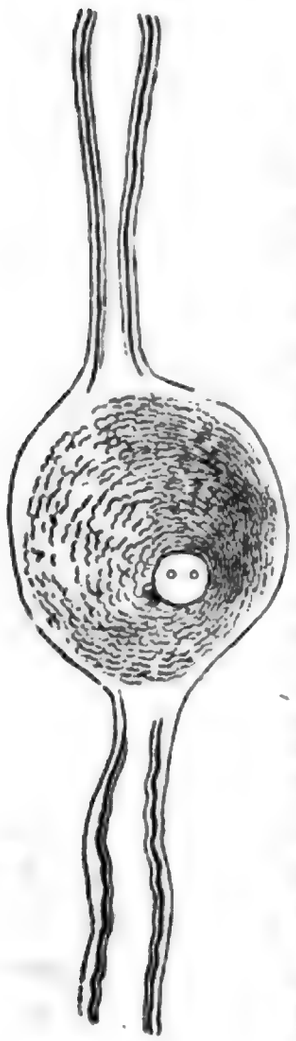
Nicht selten sieht man an der dickeren Wand der Röhre in bestimmten Abständen deutliche Zellenkerne angeklebt (Fig. 129 *b*), welche die Entstehung dieser

Fig. 129.



400

Fig. 128.



Röhren durch das Zusammenfließen von Substanzportionen andeuten, die man als Zellenäquivalente ansehen kann (S. 211). Häufig fehlen diese Kerne und die Röhre ist so fein, daß man sie als vom Inhalt verschieden nicht erkennt. Der Inhalt dieser Röhren ist ein sehr zähes ölähnliches Mark, welches stets (wie alle fettartigen Substanzen) sehr starke dunkle Gränzlinien zeigt. Dies kann man aber nur bei ganz frischen Nervenröhren und besonders gut bei einigen Fischen, z B. beim Rochen beobachten. Sehr bald (beim Rochen unter den Augen des Beobachters) gerinnt der Markinhalt, und indem, wie es scheint, der äußere Theil fester gerinnt, als der innere, zeigt das Mark zwei Gränzlinien, die äußere stärkere und eine innere feinere. Beide Linien werden dabei etwas unregelmäßig wellig oder runzlig und dies ist der Anblick, den die Nervenröhren gewöhnlich dem Beobachter darbieten und der erst in neuester Zeit durch R. Wagner seine richtige Erklärung gefunden hat (Fig. 127, Fig. 128 und Fig. 129 *b*).

Digitized by

Eine andere Art einfacher Röhren stellen die allerfeinsten Blutgefäße dar, welche man wegen ihrer Feinheit Haargefäße nennt. Sie entstehen aus Zellen, welche sich nach verschiedenen Seiten hin in Strahlen ausdehnen. Diese Strahlen stoßen dann von verschiedenen Zellen an einander, verschmelzen zusammen und so entsteht ein Netz ganz feiner einfacher Röhren, wie sich eine solche in Fig. 129 bei *a* zeigt.

C. Chemische Zusammensetzung.

§. 91. Wir fanden bei der chemischen Betrachtung der Pflanze ein nothwendiges Zusammenwirken von drei verschiedenen Stoffreihen, nämlich von organischen stickstofffreien, organischen stickstoffreichen und unorganischen Verbindungen. Ganz dasselbe gilt auch vom Thiere, nur erhalten hier besonders die ersten beiden Reihen eine etwas andere Bedeutung und Wichtigkeit. Die Pflanze war eigentlich aufgebaut von stickstofffreier Substanz, dem Zellstoff, zu welchem die nächst verwandten, die übrigen Kohlenhydrate, als Vorbereitungsstufen hinzukommen. Die stickstoffhaltigen Substanzen dagegen spielten eine mehr untergeordnete Rolle, indem sie nur zur Unterhaltung der chemischen Processe in der Pflanze bestimmt zu sein scheinen. Diesen chemischen Proceß unterstützten und modificirten dann vielfach vorzugsweise die Alkalien, während die Erden, besonders Kalk- und Kieselerde, mehr dazu verwendet zu sein scheinen, dem eigentlichen Gewebe der Pflanzen, den aus Zellstoff gebildeten Zellen, die nöthige Festigkeit zu geben.

Im Thier dagegen bestehen fast alle Organe, alle Theile, aus denen der Körper aufgebaut ist, aus stickstoffreichen Substanzen. Die stickstofffreien Bestandtheile spielen dagegen eine eigene Rolle, indem sie nur die Thätigkeit der Organe unterstützen und möglich machen, insofern sie durch ihre Verbindung mit Sauerstoff (Verbrennung) Wärme erzeugen. Die Alkalien und Erden endlich haben im Thierkörper wieder fast dieselbe Bedeutung, wie im Pflanzenkörper. Ich will die wichtigsten der hierher gehörigen Stoffe im Folgenden übersichtlich zusammenstellen und verweise für die speciellere chemische Kenntniß derselben auf den zweiten Band dieses Werkes.

a. Stickstoffreiche Verbindungen.

§. 92. Hierher gehören vor allen die Proteinverbindungen (Bd. II. §. 38). Von diesen kommen bekanntlich zwei, der Eiweißstoff (Bd. II. §. 39) und der Faserstoff (Bd. II. §. 42), in einem doppelten Zustande, nämlich flüssig und geronnen, und zwar in beiden Formen auch im thierischen Körper vor. Der Eiweißstoff ist ein nie fehlender Bestandtheil

Digitized by Google

der wichtigsten thierischen Flüssigkeiten, insbesondere findet er sich in reichlicher Menge im Blute (Bd. II. §. 99), in der Lymphe und im Safte des Fleisches (Bd. II. §. 97) im aufgelösten Zustande. Ob das Eiweiß wirklich im lebenden Körper auch in geronnenem Zustande vorkommt, kann allerdings wohl noch bezweifelt werden, indeß ist der geronnene Eiweißstoff ein steter Bestandtheil des Gehirns und der Nerven zu der Zeit und unter den Verhältnissen, welche eine chemische Untersuchung dieser Theile möglich machen. Wie schon erwähnt zeigt uns aber der Augenschein, daß gleich nach dem Tode mit dem Inhalt der Nervenröhren eine wesentliche Veränderung vorgeht. Der Faserstoff ist im Blute in aufgelöstem Zustande vorhanden, im geronnenen Zustande bildet er die feinen Muskelfasern. Der Käsestoff (Bd. II. §. 40), die dritte Proteinverbindung, findet sich, mit Natron verbunden, aufgelöst in der Milch.

Nächst den Proteinverbindungen müssen wir die Leimstoffe (Bd. II. §. 44 ff.) erwähnen, welche wahrscheinlich als Umbildungsstoffe jener anzusehen sind. Sie nehmen an der Zusammensetzung des thierischen Körpers den größten Antheil, denn sie bilden die organische Grundlage der Knochen, der Knorpel, sie liegen dem Bindegewebe, der Lederhaut und Schleimhaut, den sämmtlichen Bändern, Sehnen und sonstigen Fasergebilden sowie den Gefäßwandungen zu Grunde. Man unterscheidet nach gewissen chemischen Eigenschaften den Knorpelleim oder das Chondrin vom Knochenleim. Der Knorpelleim findet sich in allen Knochen, so lange sie noch ganz jung sind und im Zustande der Knorpel sich befinden, sowie in den bleibenden Knorpeln. Der Knochenleim dagegen bildet die Grundlage der ausgebildeten Knochen und findet sich ebenfalls in den Knorpeln, wenn sie anfangen, im Alter regelwidrig in Knochen überzugehen, zu verknöchern, wie man sagt. Auch steht der Knorpelleim in seiner Zusammensetzung den Proteinverbindungen noch viel näher, als der Knochenleim, und namentlich enthält der erstere noch Schwefel, welcher dem letztern fehlt.

Ein anderer Umbildungsstoff der Proteinverbindungen ist der Hornstoff (Bd. II. §. 101), bei dessen Bildung wahrscheinlich die Atmosphäre einen entschiedenen Einfluß ausübt, denn derselbe findet sich nur auf der mit der Atmosphäre in Berührung stehenden Oberfläche des Körpers, namentlich in der Oberhaut und ihren Anhängseln, den Haaren, Federn, Klauen und Hörnern.

Eine dritte Umbildungssubstanz der Proteinverbindungen ist das Creatin (Bd. II. §. 48), welches, wie die neueren Untersuchungen zeigen, in der Flüssigkeit, welche die Muskeln durchtränkt, eine wichtige Rolle spielt und vielleicht das erste bei der Thätigkeit der Muskeln entstehende Zersetzungsproduct ist.

Digitized by

Das Creatin bildet dann den Uebergang zu den eigentlichen Absonderungsstoffen, von denen wir hier nur zwei namhaft machen wollen, nämlich die Harnsäure (Bd. II. §. 76) und den Harnstoff (Bd. II. §. 61), welche sich beide als die wesentlichsten Bestandtheile im Harn der Fleischfresser, der letztere auch im Harn der Pflanzenfresser vorfinden.

Alle genannten Stoffe scheinen unter einander in einer engen Beziehung zu stehen, so daß sie allmälig durch Zersetzung in einander übergeführt werden. Diese Zersetzung scheint aber niemals den Stickstoffgehalt, sondern nur den Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu treffen, so daß im Verhältniß zu diesen Stoffen, besonders aber zum Kohlenstoff, die Proteinverbindungen von allen Substanzen im Thierkörper den geringsten Stickstoffgehalt haben, wie sich das aus folgenden Zusammenstellungen ergiebt, in denen die Bestandtheile so berechnet sind, daß der Stickstoff immer zu 100 angenommen ist.

A.	Protein	100	N	345,6	C	43,7	H 135,6 O
	Chondrin . . .	100	»	344,1	»	45,5	» 197,2 »
	Knochenleim .	100	»	281,5	»	35,2	» 141,3 »
B.	Protein	100	»	345,6	»	43,7	» 135,6 »
	Oberhaut . . .	100	»	296,9	»	39,5	» 145,3 »
	Büffelhorn . .	100	»	300,5	»	38,7	» 138,7 »
	Wolle	100	»	286,4	»	39,5	» 129,3 »
C.	Protein	100	»	345,6	»	43,7	» 135,6 »
	Creatin	100	»	114,1	»	26,2	» 114,1 »
	Harnsäure . .	100	»	108,0	»	6,9	» 81,4 »
	Harnstoff . . .	100	»	43,1	»	14,1	» 56,4 »

b. Stickstofffreie Bestandtheile.

§. 93. Hier sind nur wenige Stoffe zu nennen, welche eine allgemeine Bedeutung für das thierische Leben haben. Hauptsächlich gehören hierher die Fette (Bd. II. §. 29—31). Es giebt wohl keinen Theil des thierischen Körpers, in welchem sich nicht durch Ausziehen mit Aether ein größerer oder geringerer Gehalt an Fett nachweisen ließe und namentlich enthält auch das gesunde Blut und die Lymphe stets einen Gehalt an Fett. Am reichlichsten finden wir das Fett als Butter in der Milch und in der Substanz des Gehirns und der Nerven als eigenthümliche Fettarten. Aber nur an wenigen Stellen des Körpers ist eine eigentliche Fettablagerung so gesetzmäßig vorhanden, daß dieselbe nur im krankhaften Zustande verschwände. Ganz unerläßlich ist eine solche Fettablagerung in besondern Zellen, die zu größeren Massen mit einander verbunden sind, in der Augenhöhle, um den Augapfel herum, der durch dieses Fettpolster in seiner Stellung gehalten wird, ohne daß seiner Beweglichkeit in dem leicht ver-

Digitized by Google

schiebbaren Fette ein Abbruch gethan würde. Bei dem sich sehr stark bewegenden und nicht mehr als nöthig essenden Menschen oder Thiere finden wir fast nirgends anders Fettanhäufungen, als in der innern Fläche der Hand und unter der Fußsohle; an beiden Stellen finden sich dicht unter der Lederhaut Fettpolster, welche dazu bestimmt sind, die darunter liegenden Theile gegen Druck zu schützen. Bei besser genährten oder ruhiger lebenden Thieren breitet sich dann diese Fettablagerung unter der Lederhaut allmälig über den ganzen Körper aus, füllt die Fugen zwischen den einzelnen Muskelbündeln und rundet so die äußere Oberfläche ab. Bei sehr trägen und übermäßig genährten Thieren geht dann auch diese Fettablagerung tiefer zwischen die Muskeln und selbst zwischen die einzelnen Bündel desselben Muskels hinein (das Fleisch wird mit Fett durchwachsen), und es häufen sich besonders in der Unterleibshöhle, in der Nähe der Nieren, im Gekröse, im großen und kleinen Netz u. s. w., oft ganz erstaunliche Fettmengen an, die aber bei verminderter Nahrung und vermehrter Muskelthätigkeit immer ziemlich leicht wieder verschwinden. Auf die Fettbildung hat besonders der Genuß stickstofffreier Bestandtheile der eben erwähnten Kohlenhydrate großen Einfluß, wovon unten noch ausführlicher zu reden ist.

Nächst dem Fett kommt noch der Milchzucker (Bd. II.) als stickstofffreie Substanz in der Milch vor und wird mit dieser als Nahrungsmittel aufgenommen. Derselbe findet sich aber im normalen Zustande fast in keiner thierischen Flüssigkeit. Statt dessen tritt vielfach im Körper in den Flüssigkeiten desselben die Milchsäure auf, welche mit dem Milchzucker ganz gleich zusammengesetzt ist (Bd. II. §. 75). Sie ist das säurende Princip der sauren Milch und findet sich höchst wahrscheinlich in den Muskeln als Zersetzungsproduct gleich nach der Thätigkeit derselben.

Endlich haben wir noch die Fellin- und Choleinsäure, die Hauptbestandtheile der Galle, hier zu erwähnen. Zwar sind sie nur Zersetzungsproducte des eigenthümlichen Gallestoffes oder Bilins (Bd. II. §. 49), aber da die Zersetzung des Bilins schon in der Gallenblase selbst beginnt und sich wohl im Darmcanal vollendet, so kann man die Galle, so wie sie im Körper wirksam wird, wohl als aus den Salzen jener beiden Säuren und Taurin, dem dritten Zersetzungsproduct der Galle, zusammengesetzt ansehen. Leider sind alle Untersuchungen über die Galle so ungenügend, daß wir keine Kenntniß von dem quantitativen Verhältniß der in der ganzen Galle enthaltenen Stoffe zu einander haben und daher von einer Kenntniß der Elementarzusammensetzung des Bilins oder der Galle im Allgemeinen keine Vermuthung über die Mengen der durch die Galle abgeführten Elementarstoffe wagen können.

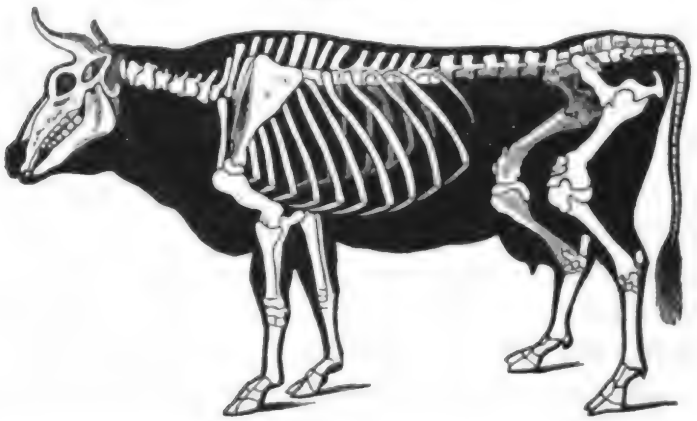
Für die weniger allgemein bedeutsamen Stoffe verweise ich hier vorläufig auf den ersten Abschnitt des zweiten Bandes.

II. Anatomisch-physiologischer Ueberblick.

A. Das Knochensystem mit den Bändern.

§. 94. Die feste Grundlage des Thierkörpers bilden die Knochen, welche man in ihrem Zusammenhange das Skelett nennt. In welcher Weise sie dem ganzen Körper zu Grunde liegen, zeigt am besten eine Figur, wie die beistehende (Fig. 130), bei welcher das Skelett in seiner natürlichen

Fig. 130.



Lage in den Thierkörper (einer Kuh) hinein gezeichnet ist. Die Knochen sind sämmtlich nach Außen dichter und fester, nach Innen porös, oft fast schwammig, weil sich die Knochensubstanz selbst sehr verschieden anordnet. Dem Umriß nach kann man flache, röhrenförmige und vielflächige Knochen unterscheiden. Die letzteren sowie die gewöhnlich kolbig angeschwollenen Enden der Röhrenknochen sind gewöhnlich weicher und schwammiger. Die Mittelstücke der Röhrenknochen und die flachen Knochen sind bedeutend härter. Am härtesten sind die Zähne, die von einer eigenthümlichen, außerordentlich festen Knochensubstanz, dem Schmelz, überzogen, oder, wie die Zähne der Wiederkäuer, mit Lagen dieses Schmelzes durchzogen sind.

Sämmtliche Knochen bestehen aus einer organischen Substanz, dem Leimstoff und der Knochenerde (Bd. II. §. 100). Der Leimstoff bildet Zellen, welche im jugendlichen Zustand am größten und deutlich als Zellen zu erkennen sind, aber auch dann schon sehr dickwandig erscheinen

Digitized by Google

und wahrſcheinlich durch eine große Menge gleichartiger Zwiſchenzellenſubſtanz verbunden ſind. In jeder Zelle befindet ſich ein kleines Körperchen (die Knorpelkörperchen) einer anderen Subſtanz (der Zellenkern?). So zeigt ſich ein zarter Schnitt aus dem noch ganz weichen knorpeligen Knochen eines Schafembryo wie in Fig. 131. Man erkennt die einzelnen Zellen mit den Körperchen darin und die Zwiſchenzellenſubſtanz.

Fig. 131.

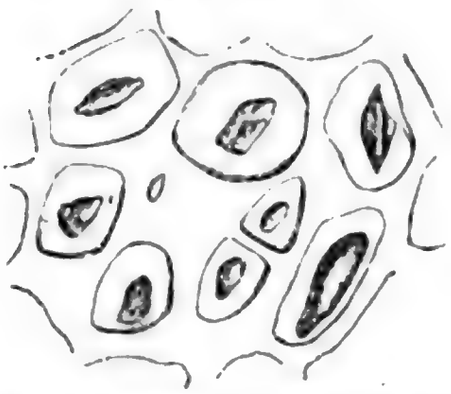
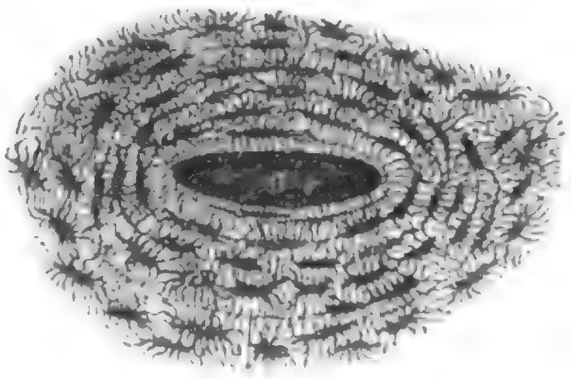


Fig. 132.



Einzelne Zellenpaare ſcheinen deutlich zu beweiſen, daß ſie aus der Theilung einer anderen entſtanden ſind. Später verdicken ſich die Zellenwände ſo ſehr, daß die Höhle jenes kleine Körperchen eng umſchließt, und ſo zeigt ſich die Bildung in den dauernden Knorpeln. Der Uebergang in Knochen wird dadurch vermittelt, daß ſich von der Höhlung der Zelle aus zahlreiche veräſtelte Canälchen nach allen Seiten durch die Dicke der Zellenwand und durch die Intercellularſubſtanz verbreiten, mit den Canälchen von benachbarten Zellen zuſammenſtoßen und daß dieſe Canälchen ſo wie die Zellenhöhle ſelbſt mit unregelmäßigen Kryſtallen der Knochenerde erfüllt werden. Ein dünn geſchliffenes Plättchen aus einem feſten Knochen, z. B. dem Oberſchenkel des Ochſen, erſcheint dann unter dem Mikroſkop wie Fig. 132.

Die einzelnen Zellen, welche wegen der darin enthaltenen undurchſichtigen Knochenerde, nebſt den von ihnen ſtrahlig ausgehenden Canälchen ſchwarz erſcheinen, ſind in einer gewiſſen Regelmäßigkeit um eine der kleinen Röhren oder länglichen Höhlen (*a*) geordnet, welche den Knochen dem unbewaffneten Auge porös erſcheinen laſſen. Beſonders in der Nähe dieſer Röhre ſind die Zellen parallel mit dem Umfange derſelben etwas in die Breite gezogen. Die ſcheinbar ſo große Verſchiedenheit der Zahnſubſtanz vom Knochen wird nur durch eine andere Anordnung der Elementartheile hervorgerufen. Die Zellen des knochigen Theiles vom Zahne ſind gewöhnlich ſehr klein; von ihnen aus gehen die Canälchen in paralleler Richtung gegen den Schmelz hin gerichtet, ſie veräſteln ſich nur gabelförmig in der Weiſe, daß die Aeſte wiederum parallel neben einander fortlaufen. — So wie dieſe Canälchen die Schmelzſubſtanz erreichen, werden ſie plötzlich

Digitized by Google

außerordentlich fein und verlaufen nun ganz dicht neben einander in einer Richtung senkrecht auf die Fläche des Schmelzes.

Die Härte der Knochen hängt fast ganz von der Menge der abgelagerten unorganischen Substanz ab und geht einerseits in den nur wenig organische Stoffe enthaltenden Schmelz der Zähne, andererseits in die wenig Kalksalze einschließenden Knorpel über. — Ein zweiter Grund der Härte der Knochen liegt aber auch in der Anordnung der Knochensubstanz, welche niemals gleichförmig dicht ist, sondern vielfach von Canälen, kleineren und größeren Höhlen (Fig. 132, *a*), in welche sich Blutgefäße und Nerven verbreiten und worin sich Fett (Knochenmark) ablagert, durchsetzt sind. Je mehr solcher Höhlungen, je weniger Knochensubstanz, desto schwammiger und weicher ist der Knochen.

Die bleibenden Knorpel bilden theils in dünnen Schichten die Verbindung zwischen zwei Knochen, wie bei vielen Schädelknochen, theils ziehen sie sich in langen Streifen, wie z. B. von den Rippen zum Brustbein zwischen zweien Knochen hin, theils bilden sie einen dünnen, glatten Ueberzug über die einander zugewendeten Enden zweier Knochen und verhüten hier Reibung und Druck bei der Bewegung, theils endlich kommen sie ohne Verbindung mit Knochen frei vor, um Theile steif oder ausgespannt zu erhalten, wie z. B. im Kehlkopf und in der Luftröhre. Ueberall zeigen sie denselben Charakter großer Biegsamkeit und Elasticität.

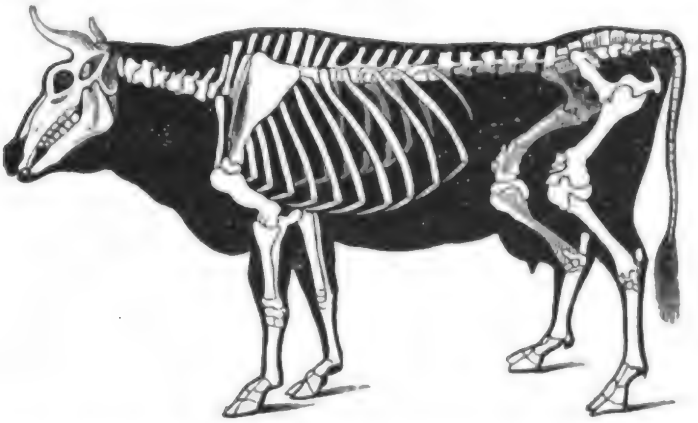
Die Knochen sind auf verschiedene Weise mit einander verbunden, theils unbeweglich eingekeilt, wie die Zähne in die Kieferknochen, oder durch das Ineinandergreifen kleiner eckiger Vorsprünge, durch sogenannte Nähte, wie z. B. bei den flachen Knochen, welche das Schädelgewölbe bilden; theils beweglich, indem sie mit den durch Knorpel abgeglätteten Enden an einander stoßen und durch faserige, sehnige Bänder verbunden sind. Eine solche bewegliche Verbindung wird ein Gelenk genannt; gewöhnlich kommt noch ein faserig-sehniges Säckchen hinzu, welches von dem Rande des einen Knochenendes sich nach dem Rande des zweiten Endes hinüberzieht und Gelenkkapsel genannt wird.

Die sämmtlichen Knochen des Skeletts kann man, wie ein Blick auf die beistehende Figur (133) zeigt, bequem in zwei Abtheilungen bringen, womit sich zugleich eine wesentliche Verschiedenheit in der Entstehungsgeschichte ausspricht. Die Knochen der ersten Abtheilung bilden eine ununterbrochene Kette von dem vorderen Rande der Kiefer bis zur äußersten Schwanzspitze, und allen liegt eine gleiche Bildung zum Grunde, wenn dieselbe auch oft durch die spätere Entwickelung sehr entstellt ist. Die zu Grunde liegende Bildung ist am meisten in einem Brustwirbel ausgesprochen; ein solcher besteht aus einem kurzen cylindrischen Knochenstück, von welchem nach oben ein kleinerer, und nach unten ein größerer Knochenbogen abgeht. Indem

Digitized by Google

die oberen Knochenbogen von ſämmtlichen aneinanderliegenden Wirbeln,

Fig. 133.



vom vorderſten Hals- bis zum letzten Rückenwirbel zuſammentreten, bilden ſie einen Canal, in welchem ein wichtiger Theil des Nervenſyſtems, das Rückenmark, liegt. Nach dieſer Anordnung des Nervenſyſtems und der Wirbel werden die Amphibien, Fiſche, Vögel und Säugethiere Wirbelthiere genannt, und allen übrigen Thieren, bei denen eine ähnliche Anordnung des Knochen- und Nervenſyſtems nicht ſtattfindet, als den Wirbelloſen entgegengeſetzt. — An den mittleren oder Bruſtwirbeln bilden die unteren Bogen, durch ein Gelenk mit den Wirbelkörpern verbunden, die Rippen, die nach unten in einem flachen, ſchmalen Knochen, das Bruſtbein, zuſammenlaufen, und ſo einen korbähnlichen Raum, den Bruſtkorb, einſchließen. Vor den Bruſtwirbeln erſtrecken ſich die Halswirbel bis an den Schädel, hinter ihnen die Lendenwirbel bis ans Kreuzbein. Dieſen beiden Klaſſen von Wirbeln fehlen die unteren Bogen, die Rippen, gänzlich. — Hinter den Lendenwirbeln befinden ſich einige Wirbel, welche unter einander zu einem flachen Knochen, dem Kreuzbein, und an beiden Seiten mit den Hüftbeinen verwachſen ſind; der Rückenmarkscanal erſtreckt ſich auch noch bis in das Kreuzbein hinein fort. Auf das Kreuzbein folgen dann wieder die unverwachſenen Schwanzwirbel, an denen auch der obere Bogen unentwickelt geblieben iſt und die daher keine Fortſetzung des Rückenmarkscanals bilden.

Vor dem vorderſten Halswirbel findet ſich der Schädel, welcher ebenfalls aus drei mit einander verbundenen Wirbeln zuſammengeſetzt iſt, welche aber am meiſten von der ihnen zu Grunde liegenden Form abgewichen ſind. Der Körper der Wirbel iſt verſchwunden und hat ſich mit dem oberen Bogen zu gekrümmten Knochenplatten entwickelt, welche die Fortſetzung des Rückenmarkscanals, nämlich die Schädelhöhle, bilden, beſtimmt, die Fortſetzung des Rückenmarks, das Gehirn, aufzunehmen. Von den unte-

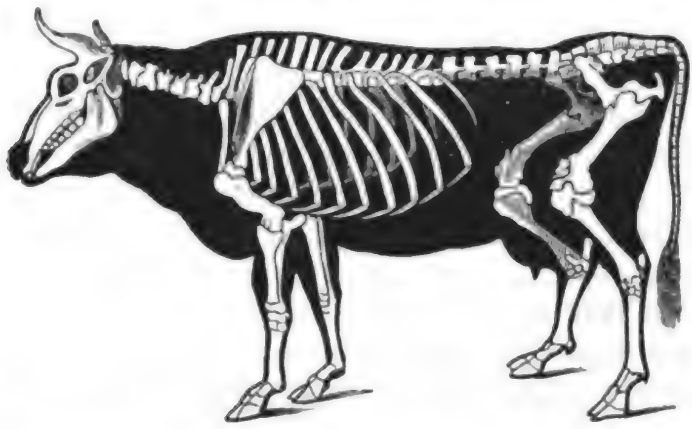
Digitized by Google

ren Bogen iſt nur einer ebenfalls in ſehr veränderter Geſtalt als Unterkiefer übrig geblieben. Außer der Schädelhöhle zeigt der Schädel noch nach oben von jeder Seite eine halbkugelige Vertiefung, die Augenhöhlen, welche durch größere Löcher und Spalten mit der Schädelhöhle in Verbindung ſtehen. Ganz nach vorn in der Mitte unter den Augenhöhlen öffnet ſich die Naſenhöhle, eigentlich ein großer Canal, der nach vorn und oben durch den Schädel durchläuft, durch eine ſenkrechte Knochenplatte in zwei Hälften getheilt und von äußerſt zarten, vielfach zuſammengewickelten Knochenblättchen (den Riechmuſcheln) faſt ganz erfüllt wird. Auch die Naſenhöhle ſteht nach hinten und oben durch viele feine Löcher (die ſog. Siebplatte) mit der Schädelhöhle in Verbindung. Mannigfach ſind auch noch außerdem die Knochen des Schädels von Spalten und Löchern durchbohrt, um das Aus- und Eintreten von Nerven und Blutgefäßen möglich zu machen

So wie ſich die erſte Anlage zum zukünftigen Thiere in der Bärmutter zeigt, entſteht auch ſogleich die Grundlage der Haupttheile des Nervenſyſtems, nämlich des Gehirns und Rückenmarks, und damit faſt zugleich die Grundlage für die ſämmtlichen Wirbel. Erſt ſehr ſpät dagegen, wenn das junge Thier ſchon ſehr weit ausgebildet iſt, entſteht die erſte Anlage der zweiten Abtheilung der Knochen, nämlich der Extremitäten oder der Vorder- und Hinterbeine.

Der Bau derſelben iſt ſehr übereinſtimmend; jedes Bein beginnt zunächſt mit einem flachen Knochen, an dem Vorderbein das Schulterblatt, an dem Hinterbein der Hüftknochen. Die Schulterblätter liegen ganz loſe auf den Seiten des Bruſtkorbes auf (Fig. 134) und ſind nur durch Mus-

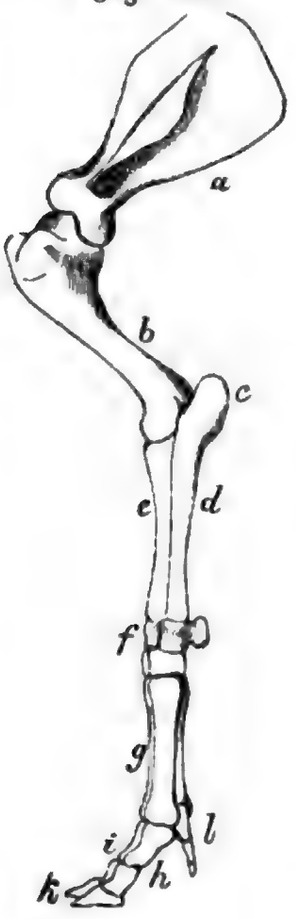
Fig. 134.



keln an ihrer Stelle feſtgehalten. Die Hüftknochen dagegen ſind ſowohl nach unten unter ſich als nach oben mit dem Kreuzbein verbunden und bilden dadurch einen ſehr unregelmäßigen Knochenring, das Becken genannt. Für die übrigen Knochenſtücke des Beines wähle ich das linke Vorderbein

des Schweines als Beiſpiel, indem in den allgemeineren Verhältniſſen, wie ſchon ein Blick auf Fig. 134 zeigt, Vorder- und Hinterbeine nicht ſehr verſchieden ſind. An das Schulterblatt des Schweines (Fig. 135, *a*) ſchließt ſich der Oberarmknochen (*b*), am Hinterbeine Schenkelknochen genannt. Auf dieſen erſten einfachen Knochen folgen dann zwei, das Ellenbogenbein (*d*) mit dem Ellenbogen (*c*) zum Anſatz ſtarker Muskeln und daneben die Speiche (*e*). Am Hinterbeine werden dieſe Knochen Schienbein und Wadenbein genannt. Dieſe Doppelknochen ſind bei vielen Thieren mit einander verwachſen und oft kaum als beſondere Knochen zu unterſcheiden. Am Hinterbeine legt ſich noch ein kleiner, ſcheibenförmiger Knochen, die Kniescheibe, gerade auf die Verbindungsſtelle von Schenkelbein und Schienbein. Alles, was nun noch folgt von *f* bis *l*, entſpricht am Vorderbeine der menſchlichen Hand, am Hinterbeine dem menſchlichen Fuße, und eigentlich gehen die meiſten Thiere auf den äußerſten Spitzen der Finger und der Zehen. — Zunächſt folgt nämlich am Vorderbein das Vorderknie (*f*), aus einigen kleinen, unregelmäßigen Knochen gebildet und der Handwurzel des Menſchen entſprechend; dann das Vorderſchenkelbein (*g*), den Knochen der Handfläche des Menſchen gleich; dann die zwei wahren Zehen (*h*, *i*) und die Afterzehen (*l* die äußere), den Fingern des Menſchen zu vergleichen, an denen endlich die Hufen *k*, den Nägeln entſprechen.

Fig. 135.

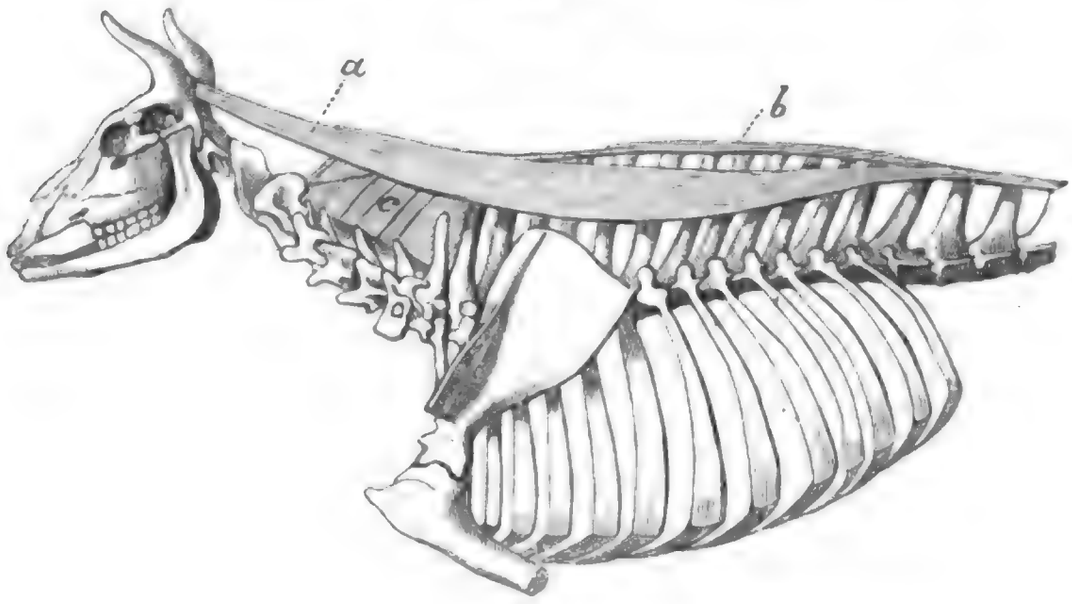


Ueber die Verbindung der Knochen unter einander iſt ſchon oben geſprochen worden. Alle beweglichen (unter einander verſchiebbaren) Knochen ſind vorzugsweiſe durch ſehnige Bänder mit einander verbunden. Dieſe Bänder bilden am ganzen Körper zuſammengenommen ein eigenes Syſtem. Wir können aber davon abſehen, hier näher auf die Sache uns einzulaſſen, da dieſe Bänder, abgeſehen von der Verbindung der Knochen, vielleicht einer der wenigſt lebendigen Theile des Thieres ſind und wenig oder gar keine phyſiologiſche Bedeutung haben. — Nur eines der bedeutenderen Bänder will ich hier erwähnen, nämlich das in Fig. 136 (f. S.) von der Kuh dargeſtellte Nackenband.

Die ſämmtlichen Wirbel haben nämlich auf der Mitte ihrer oberen Bogen bald kleinere, bald, bei den Bruſt- und Lendenwirbeln, größere, nach oben gehende Knochenfortſätze, die Dornfortſätze genannt. Ueber die

Spitzen dieser Fortsätze zieht sich ein starkes Band weg (Fig. 136, *b*), wel-

Fig. 136.



ches sich nach vorn mit einem ganz breiten, an beiden Seiten der Dornfortsätze liegenden verbindet (*a*) und sich dann an dem hinteren Theil des Schädels befestigt. Außerdem gehen zu größerer Verstärkung dieser an sich schon starken Sehne noch Zwischenbänder (*c*) abwärts an die Halswirbel. Schon ein Blick auf die Figur zeigt den Zweck dieses Bandes, welches beim Menschen fast ganz unentwickelt bleibt. Beim Menschen ruht nämlich Hals und Kopf senkrecht auf der Wirbelsäule und wird von dieser getragen. Der Mensch ist von Natur zum aufrechten Gange bestimmt. Das auf allen Vieren gehende Thier dagegen würde Kopf und Hals nicht tragen können, wenn nicht das starke Nackenband von den Spitzen der eben zu diesem Zwecke so weit hervorgezogenen Dornfortsätze bis zu dem Hintertheile des Schädels ausgespannt wäre.

B. Die Muskeln.

§. 95. Das ganze Knochengerüste ist mit Fleisch bekleidet, welches in einzelne Portionen abgetheilt erscheint, bald in dickeren länglichen, bald in dünneren flachen Stücken, und gewöhnlich an beiden Enden in glänzende, faserige Bänder, die Sehnen, auslaufend, durch welche sie an die Knochen befestigt sind. Diese Fleischportionen oder Fleischbündel sind die Muskeln. Sie sind das eigentliche Bewegungsorgan des Thieres, denn wenn sie sich durch eine eigenthümliche Zusammenziehung verkürzen, so werden dadurch die beiden Enden und folglich die Knochen, an welchen sie befestigt sind, einander genähert. Wenn man genau die Befestigungspunkte der einzelnen Muskeln beachtet, so kann man daraus leicht den Erfolg ihrer Zusammen-

Digitized by Google

ziehung, d. h. die dadurch hervorgerufene Bewegung beurtheilen. Als ein Beispiel will ich hier das linke Vorderbein des Schweines einer genaueren Betrachtung unterwerfen. — Wenn man von demselben die Haut und den unter der Haut liegenden Speck sorgfältig entfernt hat, so daß das Fleisch ganz rein vorliegt, so erscheint das Bein, von der Außenseite angesehen, wie Fig. 137. Daneben wollen wir die Knochen desselben Beines stellen (Fig. 138), um die stattfindenden Beziehungen zwischen Muskeln und Knochen deutlicher hervortreten zu lassen. Der vordere Grätenmuskel (1) so genannt, weil er vor dem auf dem Schulterblatte sich hinziehenden Knochengrat liegt, streckt bei seiner Zusammenziehung den Oberarmknochen (*b*) gerade so, daß er in einer Richtung mit der Mittellinie des Schulterblattes (*a*) zu stehen kommt. Diesem Muskel wirkt der lange Aufwärtszieher des Armes (2) gerade entgegen, indem er das Gelenk zwischen *a* und *b* in einen spitzen Winkel zusammenbeugt. Die drei Muskeln (3, 4, 5), welche sich an den Ellenbogen (*c*) ansetzen, nämlich der lange, der dicke und der mittlere Strecker des Vorderarmes, müssen natürlich durch ihre Zusammenziehung den Oberarmknochen (*b*) mit den Vorderarmknochen (*e* und *d*) in eine gerade Linie bringen, also das Ellenbogengelenk gerade strecken. Ihnen wirken entgegen die Beuger des Vorderarmes oder des Ellenbogengelenkes, von denen hier nur einer, der kurze Beuger (7), sichtbar ist. Die Muskeln 8 und 9, ersterer vom Oberarmbein (*b*) an das Vorderschienbein (*g*) gehend, letzterer vom Ellenbogenbein und Speiche (*d* und *e*) an das Vorderknie (*f*) verlaufend, dienen dazu, das Gelenk des Vorderknies zu strecken oder *e* und *d* einerseits und *g* andererseits in eine gerade Linie zu bringen. Ihnen entgegen wirken von den hier sichtbaren Muskeln der Beuger der Kronbeine (16) und (17) der äußere Beuger des Vorderknies.

Fig. 137.

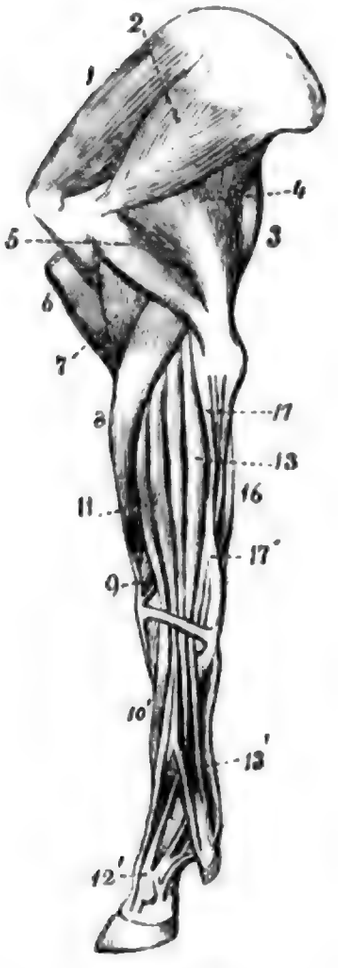
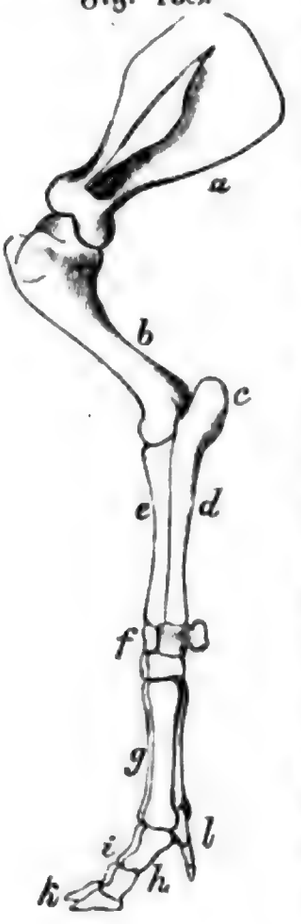


Fig. 138.



Die folgenden Muskeln sind alle ungewöhnlich lang und schmal. Sie entspringen alle am Oberarme, am Ellenbogen und Speichenbein und verlaufen mit langen, dünnen Sehnen, die an beiden Seiten des Vorderknies durch ein eigenes Querband in ihrer Lage gehalten werden, bis an die wahren und Afterzehen. Dazu gehört der zwischen 8 und 11 liegende Strecker der inneren Afterzehe, dessen Sehne bei 10′ sichtbar ist. Sodann der Strecker der Kronen- oder Hufbeine (11), dessen Sehne sich spaltet und an alle vier Zehen geht. Ferner der Strecker der äußeren Afterzehe (13), dessen Sehne bei 13′ an die Afterzehe verläuft. Zwischen 11 und 13 liegt der Strecker des Fesselbeins, dessen Sehne sich bei 12′ an das Fesselbein (*i*) ansetzt. In dem dreieckigen Raume zwischen dieser Sehne (12) und der Afterzehe bemerkt man noch die Sehnen des Fesselbeinbeugers und weiter nach unten, einem v ähnlich, das schiefe Band der äußeren wahren und der Afterzehe.

Es ist die Aufgabe der speciellen Naturgeschichte der Haussäugethiere, auch die Muskeln des ganzen Körpers in dieser Weise durchzugehen; wir müssen uns an diesem Beispiel genügen lassen und statt dessen einen allgemeinen Ueberblick über die Muskeln, ihre allgemeine Bedeutung für den Körper und ihre allgemeine Eintheilung angeben.

Wir unterscheiden am Menschen die willkührlichen und unwillkührlichen Muskeln, je nachdem wir im Stande sind, ihre Zusammenziehung nach unserem Belieben hervorzurufen, oder je nachdem diese Zusammenziehungen ganz ohne unser Zuthun erfolgen. Wir wissen nun zwar nicht, wie weit wir den Thieren einen Willen zuschreiben dürfen oder nicht, aber wir können doch voraussetzen, daß wenigstens die wesentlichen physiologischen Unterschiede, welche zwischen beiden Klassen von Muskeln bestehen, auch bei den Thieren Platz greifen. — Die willkührlichen Muskeln sind im Allgemeinen dunkler roth als die unwillkührlichen, die eine blassere Farbe zeigen. Die ersteren verlaufen entweder dicht unter der äußeren Haut des Thieres oder sie setzen sich durch ihre Sehnen mindestens an dem einen Ende mit einem Knochen in Verbindung, um diesen selbst oder einen anderen Theil gegen ihn hin zu bewegen. Die unwillkührlichen Muskeln dagegen umschließen als Kreisfasern, Längsfasern oder auch in unregelmäßiger Verflechtung hohle, sack- oder röhrenförmige Eingeweide, z. B. das Herz, die Speiseröhre, den Magen u. s. w., ihre Thätigkeit ist auf Erweiterung oder Verengerung dieser Höhlen gerichtet, um die darin enthaltenen Substanzen fortzubewegen. Bei Betrachtung der Eingeweide müssen wir auf diese Klasse der Muskeln noch einmal ausführlicher zurückkommen. Die willkührlichen Muskeln können wir durchschnittlich nach ihrer Gestalt und ihrer Thätigkeit in drei Gruppen theilen.

Die erste Gruppe besteht fast nur aus länglichen, in der Mitte etwas

Digitized by Google

bauchig angeschwollenen Fleischbündeln, die theils längs den Wirbeln, theils an den Knochen der Beine liegen; sie dienen vorzugsweise, die Bewegungen zum Behuf der Ortsveränderung des Thieres auszuführen. In Bezug auf die Beweglichkeit der Knochen sind sie gewöhnlich so angeordnet, daß, während ein Theil derselben dahin wirkt, die Knochen in einen Winkel zu einander zu stellen, also das betreffende Glied zu beugen, der andere Theil vielmehr dem ersten entgegenwirkt und die Knochen wieder in eine gerade Linie bringt, das Glied streckt. Man nennt sie deßhalb die Gegner (Antagonisten), oder die Streck- und Beugemuskeln. Ihre Thätigkeit ist natürlich immer abwechselnd; wenn sie einmal, gegen die Regel, beide gleichzeitig in Thätigkeit kommen, d. h. sich zusammenziehen, so tritt Starrkrampf ein und das Glied wird in jeder Richtung unbeweglich. Hierher gehören alle die als Beispiel beim Schweine erwähnten Muskeln.

Die zweite Gruppe besteht zum größten Theile aus dünnen, flachen und breiten Muskeln. Sie spannen sich zwischen den Rippen aus, ferner zwischen den hintersten Rippen und dem vordersten Rande des Beckens und endlich zwischen der inneren Fläche der hinteren Rippen und den Lendenwirbeln. Die ersten schließen den Brustkorb zur Brusthöhle ab, die zweiten bilden die Wände der Bauchhöhle und die dritten bilden eine Scheidewand zwischen Brust und Bauchhöhle und werden davon das Zwerchfell genannt. Alle diese Muskeln dienen vorzugsweise der Athembewegung. Die Hauptrolle dabei spielt das Zwerchfell. Dieses wird im erschlafften Zustande durch die Eingeweide der Bauchhöhle, auf welche der Druck der Bauchmuskeln wirkt, in die Brusthöhle hineingedrängt; wenn es bei seiner Zusammenziehung straff gespannt wird, so erweitert es die Brusthöhle, indem es die Eingeweide der Bauchhöhle zurückdrängt. Erschlafft es dann, indem gleichzeitig die Bauchmuskeln sich zusammenziehen, so kommt es wieder in seine frühere Lage und dadurch wird die Brusthöhle wieder verengert; unterstützt wird diese Bewegung dann noch durch die Rippenmuskeln und so wirkt der Brustkorb dann ganz wie ein Blasebalg. — Wir werden unten wieder darauf zurückkommen.

Die dritte Gruppe endlich besteht fast aus den kleinsten Muskeln des Körpers von verschiedener Gestalt, alle am Schädel befestigt und dazu bestimmt, die Speisen zu fassen, zu zerkleinern und so weit fortzubewegen, daß sie in den Anfang der Speiseröhren gelangen, von wo sie von den unwillkührlichen Muskeln weiter geschafft werden. Die Hauptmuskeln, welche dem Käuen vorstehen, befinden sich an beiden Seiten zwischen dem Schädel und dem Unterkiefer ausgespannt und drücken diese Knochen und somit die Zähne gegen einander. Hierher gehören noch die kleinen Muskeln, welche die Knorpeln des Kehlkopfes bewegen und so die Erzeugung der Stimme bedingen. Diese Muskeln haben indeß bei dem Menschen, wo sie die Sprache

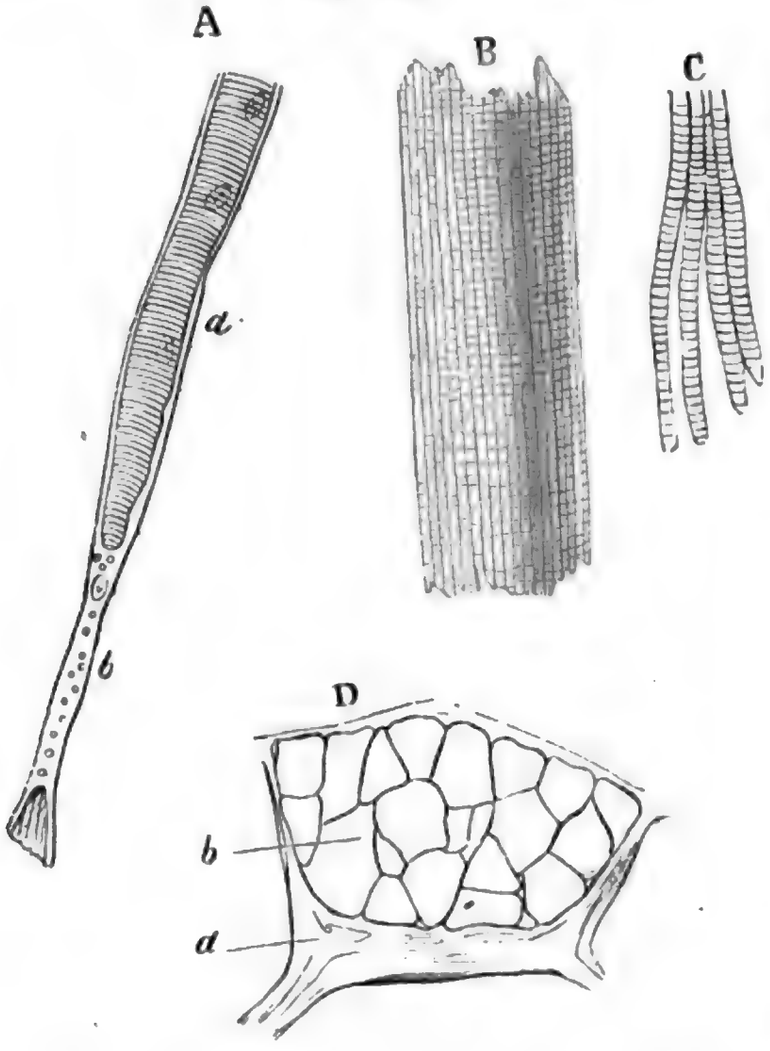
Digitized by Google

bedingen, natürlich eine bei weitem größere Wichtigkeit als bei den Thieren. — Endlich fallen in diese Klasse noch die Muskeln der höheren Sinnesorgane, nämlich der Augen und Ohren.

Das mag denn als Uebersicht über die Vertheilung der Muskeln am thierischen Körper und ihre Bedeutung genügen; wir müssen aber jetzt noch etwas genauer auf ihre Structurverhältnisse eingehen, um uns die Zusammenziehung derselben deutlich zu machen.

Wenn man ein Stück gekochtes und kalt gewordenes Rindfleisch der Länge nach zerreißt, so trennt es sich bekanntlich in einzelne lange Fasern; schneidet man es senkrecht auf die Fasern durch, so sieht man, daß das ganze Fleisch (der ganze Muskel) aus größeren und kleineren Bündeln zusammengesetzt ist. Jedes Bündel, groß oder klein, ist von einer eigenen Scheide von Bindegewebe umgeben. Die größeren Bündel sind aus kleinen zusammengesetzt, diese abermals aus kleineren, und zuletzt kommt man, bei fortgesetzten Trennungen, auf die letzten Fasern, von denen Fig. 139, D, eine schwach vergrößerte darstellt.

Fig. 139.



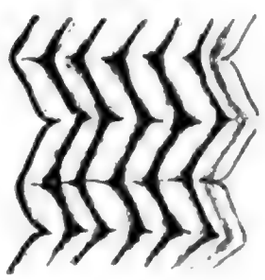
Auch diese letzteren sind umgeben von einer Bindegewebescheide (*a*) und sind zusammengesetzt aus den oben (S. 216) schon erwähnten Primitivbündeln (*b*). Ein solches Primitivbündel ist Fig. 139, B, dargestellt, es zeigt zarte Längs- und Querstreifung. Wo der Muskel in die Sehne übergeht, findet dieser Uebergang eigentlich bei dem Primitivbündel statt, Fig. 139, A, indem sich die Scheide von Bindegewebe (*a*) über das Primitivbündel hinaus fortsetzt und dann in Sehnengewebe übergeht (*b*); an der Scheide erkennt man dann hin und wieder die ursprünglichen Kerne (Fig. 139,

Digitized by Google

A, bei *a*). Wie ebenfalls ſchon oben erwähnt wurde, iſt das Primitivbündel zuſammengeſetzt aus den Primitivfaſern. Es gelingt nicht ſelten, dieſe Faſern durch Zerren zu iſoliren, Fig. 139, C, und jede einzelne Faſer zeigt dann noch für ſich die Querſtreifung. Dieſe Querſtreifung rührt nämlich daher, daß jede Faſer zickzackförmig hin und her gebogen iſt, und da dies bei allen Faſern ziemlich an derſelben Stelle ſtattfindet, ſo bilden ſämmtliche vorſpringende Winkel zuſammen eine helle, ſämmtliche einſpringende Winkel wegen des Schattens eine dunkle Linie.

Dieſe zickzackförmigen Biegungen ſind nicht zu allen Zeiten gleich. Die völlig abgeſtorbene Muskelfaſer, d. h. die längere Zeit ſchon vom Körper getrennt oder gar dabei in Waſſer eingeweicht war, iſt ganz gerade geſtreckt und zeigt keine Querſtreifen mehr. Im Leben ſind dieſe Biegungen immer vorhanden, da jeder Muskel in einem gewiſſen Grade von Spannung verharrt, der immer erſt durch die Thätigkeit eines entgegenwirkenden Muskels oder durch Aufhebung des Nerveneinfluſſes herabgeſtimmt werden muß. Wenn dagegen ein Muskel in Thätigkeit geſetzt wird, ſo werden dieſe Einbiegungen ſchärfer und tiefer und die Verkürzung des Muskels hängt, wenn auch nicht ausſchließlich, doch großentheils von dieſer Zuſammenbiegung ab. Fig. 140 ſtellt ein Paar ſolche contrahirte Primitivfaſern ſtark vergrößert und ideal gezeichnet vor, und nach dem Bilde wird man ſich leicht vorſtellen können, wie die Einknickung überhaupt und ebenſo die ſtärkere Einbiegung eine Verkürzung der Faſer zur Folge haben müſſen. Ein Theil der Verkürzung wird freilich, wie angeſtellte Meſſungen unterm Mikroſkop und darauf gegründete Berechnungen zeigen, durch dieſe Einbiegungen noch nicht erklärt, und beruht vielmehr auf einer Zuſammenziehung der Faſer in ſich ſelbſt. Uebrigens ſind wir völlig in Unkenntniß über den inneren Mechanismus und die nächſten Urſachen dieſer Bewegungen der Faſern, ſo wie daſſelbe Dunkel zur Zeit noch auf den Schwingungen der Wimpern (S. 214) ruht. Die entfernteren Urſachen ſind immer Reize, welche auf die Muskelfaſer wirken, z. B. der Galvanismus, vor Allem aber die Einwirkung der Nerven, und es iſt noch nicht völlig entſchieden, ob nicht die anderen Reize überhaupt nur durch Vermittelung der Nerven, welche ſich aufs Innigſte mit den Muskelfaſern zu verſchmelzen ſcheinen, auf die letzteren zu wirken im Stande ſind.

Fig. 140.



C. Das Gefäßſyſtem.

Wenn der thieriſche Körper irgendwo nur einigermaßen tief verletzt wird, §. 96. ſo fließt aus der Wunde, oft mit bedeutender Kraft hervorgeſpritzt, oft nur

Digitized by Google

langsam hervorquellend, eine rothe Flüssigkeit, das Blut, aus. War die Verwundung sehr bedeutend, so kann man oft schon mit unbewaffnetem Auge erkennen, daß dieses Blut aus Röhren mit lederartig elastischen Wänden heraustritt. — Wenn es langsamer hervordringt, hat es eine mehr schwarzrothe Farbe und man nennt es Venen- oder Blutaderblut; wird es dagegen in einem Strahle herausgespritzt, so ist es hellroth und wird Arterien- oder Schlagaderblut genannt. — Wenn besonders bei mehr oberflächlichen Verwundungen die eigentliche Blutung schon aufgehört hat, so bleibt die Wunde doch noch lange benetzt von einer klaren, dicklichen, gelblichen Flüssigkeit, welche oft an der Luft zu einer festen, bernsteinartigen Substanz erhärtet; man nennt diese letztere Flüssigkeit die Lymphe; auch sie quillt aus sehr feinen Röhren hervor. — Ist die Verwundung so, daß sehr bedeutende Röhren, z. B. am Halse geöffnet sind, und wird die Oeffnung nicht künstlich verstopft, so entleert sich nach und nach fast alles Blut des ganzen Körpers und selbst das Fleisch wird blasser. Diese Erscheinung kann uns schon darauf führen, daß alle blutführenden Canäle im ganzen Körper mit einander zusammenhängen und ein einziges, durchgängig in einander mündendes Röhrensystem bilden. So ist es auch in der That, und wenn man sich alle Verzweigung weg oder vielmehr mit einander verschmolzen denkt, so erhält man eine einfache, ringförmige, in sich selbst zurücklaufende Röhre als den einfachsten Ausdruck des Blutgefäßsystems. Das Blut fließt aber nicht nur aus, wenn eine der Röhren, in denen es sich befindet, geöffnet wird, sondern es ist auch im unverletzten Körper in einer beständigen strömenden Bewegung. Befestigt man einen lebenden Frosch auf einem kleinen, mit einem Loche versehenen Brettchen so, daß die Schwimmhaut eines der Hinterfüße gerade über dem Loche ausgespannt zu liegen kommt, so kann man mit Hülfe eines Mikroskops in dieser durchsichtigen Haut deutlich das Blut in seinen Canälen sich bewegen sehen. Wäre das Blut eine vollkommen gleichartige Flüssigkeit, so würde die Beobachtung der Bewegung freilich unmöglich sein; da dasselbe aber außer der farblosen Blutflüssigkeit noch die röthlich gefärbten Blutkörperchen enthält, so kann man an dem Fortrücken dieser letzteren deutlich die Bewegung des Blutes erkennen. Die Ursache dieses Fortrückens ist die, daß an zwei Stellen in dem Kreislaufe der erweiterte Theil der Röhre mit zahlreichen Muskelfasern umflochten ist, welche sich regelmäßig abwechselnd zusammenziehen und erschlaffen, bei ihrer Zusammenziehung aber diesen Theil der Röhre völlig schließen und so das Blut fortpressen. Durch diese beiden Muskelpartieen wird der früher als einfacher Ring gedachte Kreislauf in zwei ungleiche Hälften getheilt, in den großen und kleinen Kreislauf. Jene beiden Muskelpartieen sind nun überdies an einander gelegt und mit einander verwachsen und werden zusammen

Digitized by Google

das Herz genannt. So gewinnt denn das einfache Ideal des Kreislaufes, wie wir es soeben uns vorgestellt haben, eigentlich die Gestalt einer 8. Aus der einen Hälfte des Herzens tritt das Blut in den kleinen Kreislauf, wird so in die andere Hälfte geführt, um von hier aus durch den großen Kreislauf wieder zum ersten zurückzukehren. — Das System der Lymphgefäße ist gleichsam ein Anhängsel an den Blutkreislauf. Das eine Ende mündet in den großen Kreislauf ein, das andere, vielfach verzweigte und in alle Theile des Körpers hineinreichende Ende ist dagegen blind geendigt.

So viel mag für einen allgemeinen Ueberblick genügen; zur genaueren Erkenntniß des Gefäßsystems und seiner Gesetze müssen wir aber die einzelnen Theile trennen und einer genaueren Betrachtung unterwerfen.

1. Das Blutgefäßsystem.

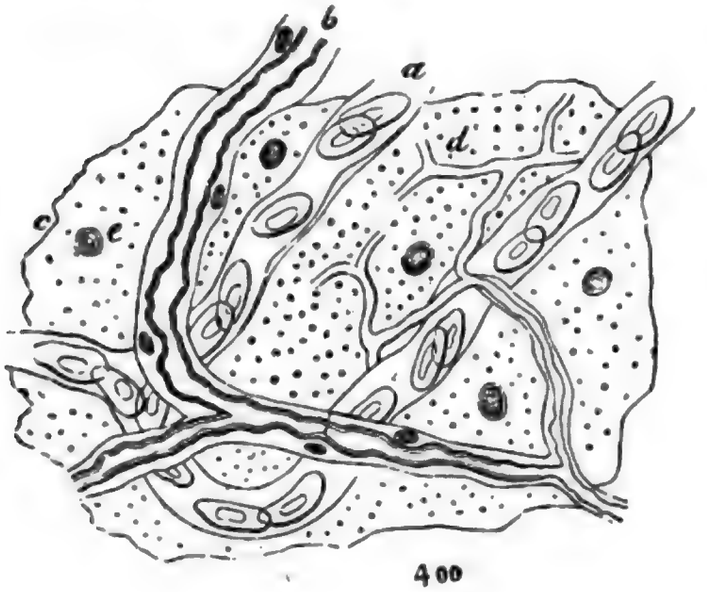
a. Anatomische Verhältnisse.

§. 97. Im Blutgefäßsystem müssen wir dreierlei unterscheiden, nämlich a) die beiden weitesten, mit Muskelfasern umflochtenen Theile der Röhren, welche mit einander verwachsen das Herz ausmachen.

b) Die vom Herzen ausgehenden (Schlagadern) und zu demselben zurückführenden Röhren (Blutadern), diese sind um so mehrfach verästelt, je weiter sie vom Herzen entfernt sind und in demselben Maße werden ihre Wandungen dünner.

c) Zwischen den letzten Verzweigungen der vom Herzen ausgehenden und den äußersten Verzweigungen der zum Herzen zurückkehrenden Röhren liegt ein äußerst feinmaschiges Netz ganz zarter, feinhäutiger Canälchen, in welches sich das vom Herzen kommende Blut ergießt und aus welchem es sich wieder in die zum Herzen zurückführenden Gefäße sammelt. Diese zarten, netzförmig mit einander verbundenen Canäle nennt man das Haargefäßsystem. In jedem Theile des Körpers, welcher überhaupt mit Blut versorgt werden soll, befindet sich ein solches Haargefäßnetz und durch dasselbe wird wegen der dünnen, leicht durchlassenden

Fig. 141.

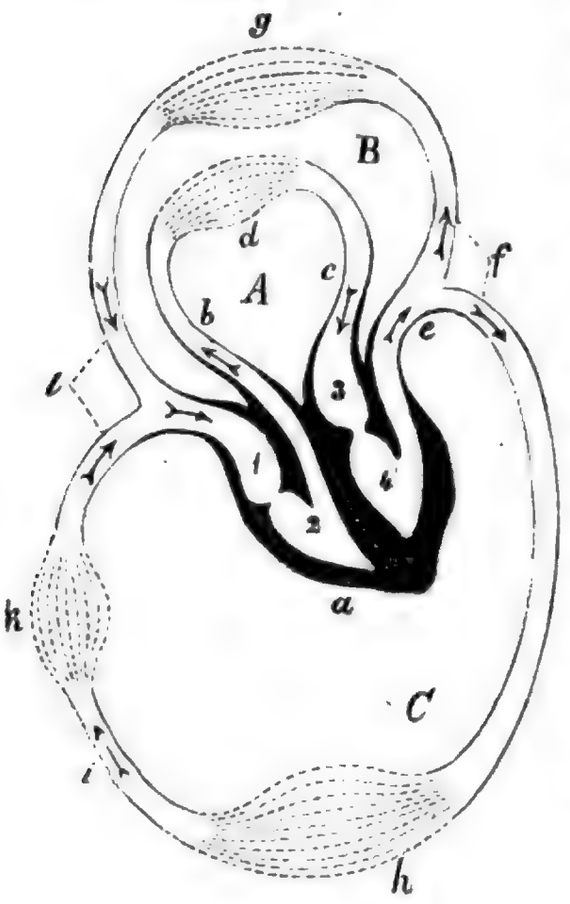


400

Wände die Wechselwirkung zwischen Blut und den Organen des Körpers vermittelt. Man findet daher auch fast in jedem kleinsten Theilchen eines Thieres, welchen man unter das Mikroskop bringt, einen oder mehrere kleine Zweige von einem Haargefäßnetze, wie z. B. Fig. 141, *a* (s. v. S.), aus einem Rochen zeigt.

Nach diesen Vorbemerkungen können wir nun leicht den Blutkreislauf, allerdings auf ein etwas einfacheres Bild (Fig. 142) zurückgeführt, verstehen. Man muß nur dabei im Auge behalten, daß wir statt der zahlreich verästelten Röhren einfache, und an die Stelle der vielen zwischen den feinen Verzweigungen befindlichen Haargefäßsysteme jedesmal nur ein einziges gesetzt haben.

Fig. 142.



Ohngefähr in der Mitte der Brusthöhle liegt das Herz, einer stumpfen, abgerundeten Fleischpyramide nicht unähnlich. Die Höhlen des Herzens sind im Verhältniß zu der großen Muskelmasse eigentlich nicht sehr bedeutend. — Wie schon bemerkt, zerfällt das Herz in zwei, eigentlich für sich bestehende Hälften, das rechte und das linke Herz. Jede Hälfte ist noch wieder in zwei Theile getheilt, die durch einen in die Höhle hinein vorspringenden Rand, an welchem sich einige hautartige Klappen befinden, geschieden werden. Der äußere vordere Theil (Fig. 142, 1 und 3) ist dünnwandiger und nimmt die das Blut zum Herzen zurückführenden Röhren oder die Blutadern auf; man nennt diesen Theil den Vorhof. Von hier tritt das Blut in den inneren hinteren dickwandigeren Theil, in die Kammer (Fig. 142, 2 und 4). Aus den Kammern entspringen die Röhren, welche das Blut vom Herzen wegführen. Gleich im Anfange jeder dieser Röhren liegen drei hautartige Taschenventile, die halbmondförmigen Klappen genannt. Aus dem rechten Vorhof (1) tritt das Blut in die rechte Kammer (2), von wo es in die Lungenschlagader (*b*) gelangt, die sich in den Lungen verzweigt (*A*), in ein feines Haargefäßnetz (*d*) auflöst und dann allmälig wieder in die Lungenblutadern (*c*) übergeht, welche das Blut dem Vorhofe des linken Herzens (3) zuführen. Von da geht es in die linke Kam-

Digitized by Google

mer (4), aus der es in die große Hauptſchlagader oder Aorta (*e*) geführt wird. Dieſe ſpaltet ſich aber alsbald in die zwei Stämme (*f*) für den obern oder vordern (*B*), und für den untern oder hintern Körperkreislauf (*C*). Der vordere Kreislauf (*B*) durchläuft ſein Haargefäßnetz (*g*) und kehrt dann wieder einfach durch die obere Hohlvene (*l*) zum rechten Vorhof zurück. Der hintere Körperkreislauf (*C*) dagegen vertheilt ſich, geht in Haargefäßnetze (*h*) über, ſammelt ſich wieder und tritt endlich in der Nähe der Leber in einen großen Stamm, die Pfortader (*i*) zuſammen. Die Pfortader aber, ſtatt gerade zum rechten Vorhof zurückzukehren, tritt in die Leber hinein, veräſtelt ſich hier plötzlich, bildet abermals ein Haargefäßſyſtem (*k*) in der Leber und ſammelt ſich dann erſt eben ſo ſchnell wieder zu einem großen Stamme, die untere Hohlvene (*l*), der ſich in den rechten Vorhof ergießt.

Verfolgen wir nun das Blut auf ſeinem Wege durch den Körper des Thieres, ſo erhalten wir folgende Ueberſicht vom Blutgefäßſyſtem. — Die Zuſammenziehung der rechten Herzkammer treibt das Blut in die Lungenſchlagader, dieſe vertheilt daſſelbe durch Veräſtelung in den Lungen. Es durchläuft hier das feine Haargefäßſyſtem, ſammelt ſich dann wieder in Blutadern und geht dann durch einige große Stämme in den linken Vorhof; die Zuſammenziehung deſſelben treibt es in die linke Kammer und von hier wird es in die große Hauptſchlagader des Körpers gepreßt. Die Klappen zwiſchen Vorhof und Kammer verhindern hier wie im rechten Herzen den Rücktritt des Blutes in den Vorhof, und die halbmondförmigen Klappen am Anfange der großen Schlagader machen das Zurückweichen des in ihnen enthaltenen Blutes in die Kammer unmöglich. — Die Hauptſchlagader oder Aorta macht gleich nach ihrem Austritte aus dem Herzen einen Bogen, legt ſich an die Wirbelſäule und läuft auf dieſer fort bis in die Nähe des Beckens. Auf dieſem Wege giebt die Aorta nach einander große Aeſte für den Magen, die Milz, die Leber, die Bauchſpeicheldrüſe, die Nieren und die Gedärme ab. In der Nähe des Beckens theilt ſie ſich in zwei Aeſte für die rechte und linke Seite. Jeder Aſt theilt ſich dann wieder in zwei Arme, einer verſorgt die Eingeweide des Beckens, nämlich Blaſe und Geſchlechtsorgane, der andere geht zu dem Hinterbeine ſeiner Seite. Aus der Wölbung des Bogens der Aorta treten dann noch einige Hauptäſte ab, welche ſich an den Kopf und Hals ſo wie an die Vorderbeine begeben. Nachdem das Blut dann in allen Theilen die Haargefäße durchlaufen, ſammelt es ſich wieder in immer größere Stämme, die Venen, welche mit Ausnahme des ſchon erwähnten Pfortaderſyſtems faſt ganz den Schlagadern ähnlich verlaufen. Die Hauptſtämme und Aeſte liegen faſt alle nahe an den Knochen an und ſind von den Muskeln bedeckt. Natürlich ſind hier nur die allerbedeutendſten Aeſte genannt und

Digitized by Google

die weniger bedeutenden weggelassen. Man benennt die einzelnen Aeste gewöhnlich nach den Theilen, welche sie versorgen, z. B. die Nierenschlagader, die Schenkelschlagader u. s. w., seltener nach dem Orte, an welchem sie vorbeilaufen, z. B. die Drosselader am Pferdehals neben der Drossel- oder Luftröhre.

Ein wesentlicher anatomischer Unterschied findet noch zwischen den Schlagadern oder den vom Herzen kommenden Adern und den Blutadern oder den zum Herzen zurückführenden Gefäßen statt. Die ersteren haben nämlich auffallend elastische Wände und eine ununterbrochene Höhlung, die letzteren dagegen fast ganz unelastische Wände und eine beständig in bald größeren, bald kleineren Abständen gestellte Klappen oder Taschenventile, welche so geordnet sind, daß sie wohl die Bewegung des Blutes in der Richtung nach dem Herzen hin, aber nicht umgekehrt gestatten.

b. Physiologische Verhältnisse.

§. 98. Das Blut ist die allgemeine Nahrungsflüssigkeit des ganzen Körpers und vermittelt zugleich alle Aufnahmen und Ausscheidungen. Alles, was im Magen und den Gedärmen verdaut wird, geht ins Blut über. Durch das Herz getrieben vertheilt sich das Blut in alle Theile des Körpers, sie mögen Namen haben, wie sie wollen, überall finden sich Haargefäße, durch deren dünnere Wände die ernährende Flüssigkeit aus- und in die Gewebe eintritt. Zugleich nimmt das Blut hier alle die zersetzten Stoffe auf, welche bei der Thätigkeit der Organe abgenutzt und unbrauchbar geworden sind. Diese Stoffe werden dann mit dem Blute in die verschiedenen Ausscheidungsorgane geführt, z. B. in die Leber, in die Nieren, und hier werden sie aus den Haargefäßen wieder ausgeschieden, zugleich nimmt das Blut in den Lungen den Sauerstoff der Luft auf und führt denselben allen Organen zu, denn der Sauerstoff ist es vorzüglich, welcher die Zersetzung der verbrauchten Stoffe bedingt. Alle diese verschiedenen Stoffe sind in dem Blute selbst in so geringer Menge enthalten, daß es erst der freien und sicheren Arbeit der neuesten Chemie gelungen ist, ihre Gegenwart im Blute nachzuweisen. Gleichwohl gehen manche Ausscheidungen, z. B. die des Harns in den Nieren, mit großer Schnelligkeit vor sich, was darauf beruht, daß das Blut mit außerordentlicher Schnelligkeit im Körper herumgetrieben wird. — Die Menge des Blutes, die Schnelligkeit, mit der es herumgetrieben wird, der Ernährungszustand des Thieres und folglich seine Schwere hängen daher auch auf's Genaueste mit einander zusammen, so daß, wenn man die Zahl für das Eine weiß, man daraus mit ziemlicher Sicherheit die übrigen Verhältnisse berechnen kann. Leider haben wir auch hier für die landwirthschaftlichen Thiere fast

Digitized by Google

gar keine ſicheren Anhaltepunkte, und wir müſſen uns mit dem behelfen, was Phyſiologen für den Menſchen und beiläufig für einige wenige andere Thiere feſtgeſtellt haben.

Beim Menſchen beträgt die Menge des Blutes etwa $^2/_9$ des Körpergewichtes, beim Hunde etwa $^1/_{17}$, bei der Katze $^2/_{11}$, bei einem Schafe $^1/_5$. Beim Menſchen treibt jeder Herzſchlag etwa 10 Loth Blut fort, und ſämmtliches Blut geht in etwa $1^1/_2$ Minuten durch den ganzen Körper, beim Pferde vielleicht ſchon in $^2/_3$ Minuten. Beobachtet man das Strömen des Blutes in den Haargefäßen der Schwimmhaut des Froſches, ſo findet man freilich, daß hier das Blut viel langſamer läuft, nämlich in der Minute wenig mehr als einen Zoll fortrückt, aber man muß bedenken, daß das Blut zwiſchen einem feinſten Schlagaderäſtchen und der entſprechenden Blutader nur einen außerordentlich kurzen Weg in den Haargefäßen zurückzulegen hat, in welchen ſich theils wegen der außerordentlichen Vertheilung, theils wegen der Reibung an den Wänden der ſehr engen Gefäße das Blut allerdings nur ſehr langſam bewegt. Dieſe langſame Bewegung iſt hier aber nothwendig, damit der ſchon erwähnte Austauſch des Blutes mit den Geweben, welche es durchſtrömt, ſtattfinden kann.

Die Kraft, mit welcher das Blut aus der linken Kammer hervorgetrieben wird, beträgt, nach den Beobachtungen und Berechnungen am Menſchen, am Kalbe, am Fuchs und der Eule, ungefähr $^1/_{50}$ des Körpergewichtes und iſt etwa doppelt ſo groß als die Kraft des rechten Herzens.

Die Zuſammenziehungen des Herzens, durch welche das Blut heraus und in die Schlagadern gepreßt wird, erfolgen ſehr regelmäßig, und zwar ziehen ſich zuerſt der rechte und linke Vorhof gleichzeitig zuſammen und darauf ſogleich die rechte und linke Kammer ebenfalls gleichzeitig, während die Vorhöfe erſchlaffen und ſo einer neuen Quantität Blut aus den Blutadern einzutreten erlauben. Während der Zuſammenziehung der Vorhöfe ſind dagegen beide Kammern erſchlafft, ſo daß das aus den Vorhöfen herausgedrängte Blut in ſie eintreten kann. Das Blut, welches ſich in den Blutadern befindet, verhindert den Rücktritt des Blutes aus den Vorhöfen in die Blutadern; den Rücktritt des Blutes aus den Kammern in die Vorhöfe, und aus den Schlagadern in die Kammern verhindern die ſchon früher (S. 236) erwähnten Klappen.

Aus der linken Kammer tritt das Blut als hellrothes *arterielles* oder *Schlagaderblut* hervor. In den Haargefäßen der ſämmtlichen Körpertheile aber giebt es einen Theil ſeiner Stoffe und Sauerſtoff ab und nimmt dafür die Zerſetzungsproducte und Kohlenſäure auf. Aus den Haargefäßen tritt dann das Blut als dunkelrothes *venöſes* oder *Blut-*

aderblut hervor. Der sichtbare Unterschied zwischen beiden Blutarten beruht ganz und gar auf dem Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure, denn wenn man dunkelrothes venöses Blut mit Sauerstoff schüttelt, so wird es sogleich hellroth und schäumend wie arterielles Blut, und der umgekehrte Erfolg tritt ein, wenn man arterielles Blut mit Kohlensäure schüttelt. Die Blutadern führen das sämmtliche venöse Blut in die rechte Herzkammer, von wo es immer noch im Zustande des dunkelrothen Blutes in die Schlagadern der Lungen getrieben wird; erst in den Haargefäßen der Lungen wird die Kohlensäure abgeschieden und an deren Stelle Sauerstoff wieder aufgenommen; so kehrt es dann durch die Lungenblutadern als arterielles Blut zum Herzen zurück.

Die Bewegung des Blutes durch den Körper zeigt aber noch eine Eigenthümlichkeit, welche einer Auseinandersetzung werth ist. — Man darf bei der Betrachtung des Blutumlaufes nicht vergessen, daß in dem ganzen zusammenhängenden System größerer oder kleinerer Röhren niemals ein leerer oder lufterfüllter Raum vorhanden ist; entweder sind die Röhren völlig mit Blut erfüllt oder die Wandungen legen sich, wie bei der Zusammenziehung des Herzens, so fest auf einander, daß kein Raum mehr bleibt. Wenn daher eine gewisse Menge Blut aus dem Herzen herausgepreßt wird, so müßte sich eine gleich große Menge Blutes im ganzen Röhrensysteme vorwärts schieben, um dem neueintretenden Blute Platz zu machen. Das scheint nun unmöglich, da nirgends ein leerer Raum ist, und es wäre auch in der That unmöglich, daß sich das Blut bewegen könnte, wenn die sämmtlichen Adern steife, unbewegliche Wände hätten. Wenn man aus einer ringförmig zusammenlaufenden Blechröhre ein Stückchen herausschneidet und durch ein entsprechendes Röhrenstück von Kaoutschouk ersetzt, dann durch irgend eine seitliche verschließbare Oeffnung das Ganze mit Wasser füllt, so ist man nicht im Stande, das aus Caoutschouk bestehende Röhrenstück zusammenzupressen. Ganz anders aber wird die Sache, wenn man die ganze eine Hälfte der ringförmigen Röhre aus Caoutschouk macht; dann kann man diese elastische Hälfte der Röhre an irgend einer beliebigen Stelle zusammendrücken, weil ein anderer Theil der elastischen Röhre um gerade so viel ausgedehnt wird, als die Wassermenge, die durch das Zusammendrücken aus dem ersten Theile vertrieben ist, Raum einnimmt. Brächte man in einer solchen halb festen, halb elastischen Röhre zwei passende Klappen an, so würde man durch abwechselndes Zusammendrücken und Nachlassen das Wasser eben so gut in diesem Apparate circuliren lassen können, als das Blut durch das Zusammenziehen der Herzkammern im Körper circulirt. — In ähnlicher Weise ist nun die eine Hälfte des Blutgefäßsystems, nämlich die sämmtlichen Schlagadern, mit elastischen Wänden versehen, während die Blutader-

Digitized by Google

wände kaum merkliche Elasticität zeigen. Der Erfolg dieser Einrichtung ist nun folgender: Wenn sich die linke Kammer zusammenzieht, so tritt das darin befindlich gewesene Blut in die Hauptschlagader ein, da aber das darin schon befindliche Blut nicht sogleich ausweichen kann, so wird nur der Theil der Schlagader zunächst dem Herzen um so viel als nöthig ist, ausgedehnt. Die elastische Wandung zieht sich aber sogleich wieder zusammen und drängt das Blut, da der Eingang zum Herzen durch die halbmondförmigen Klappen verschlossen ist, in den nächsten Theil der Schlagader hinein, die nun ebenfalls ausgedehnt wird. Dieses Spiel setzt sich aber durch das ganze Schlagadersystem so fort, da das Blut, wegen der mit jedem Herzschlage nachrückenden Blutmenge immer nur vorwärts, aber nicht rückwärts ausweichen kann. Jeder Stoß vom Herzen aus hat also eine ringförmige Anschwellung in der Schlagader zur Folge, welche allmälig fortrückt, und dieser ersten Anschwellung folgt bei jedem Herzschlag eine neue nachrückende Anschwellung. Wenn man nun an einer dazu geeigneten Stelle eine Schlagader gegen die harte Unterlage eines Knochens leise mit dem Finger andrückt, so fühlt man deutlich das Fortlaufen jener einzelnen Anschwellungen oder Blutwellen unter dem Finger, und diese Erscheinung ist es, welche man den Pulsschlag nennt. In diesem Pulsschlage muß sich nothwendig die Kraft, die Schnelligkeit und die Regelmäßigkeit der Herzthätigkeit, und also zugleich der gesunde oder kranke Zustand der ganzen Blutcirculation ausdrücken, und daher hat der Puls eine so große Wichtigkeit bei allen Krankheiten und erlaubt ein so sicheres Urtheil über den Gesundheitszustand des ganzen Körpers. Je weiter das Blut in den Adern, welche eben von der Erscheinung des Pulsschlages Schlagadern genannt werden, fortrückt, um so weniger auffallend wird der Pulsschlag, und er verliert sich endlich in den Haargefäßen gänzlich, so daß in den Blutadern das Blut ganz gleichförmig fortströmt.

2. Das Lymphgefäßsystem.

§. 99. Aus dem Blute tritt beim Durchgange durch die Haargefäße ein Theil der Blutflüssigkeit aus und durchtränkt die Gewebe aller Organe. Nachdem diese sich daraus das Nöthige angeeignet haben, muß das Ueberschüssige wieder entfernt werden, um neuer Flüssigkeit Platz zu machen; dies geschieht durch die Lymphgefäße, welche überall mit geschlossenen Endungen beginnen und zum Theil eben so feine, eben so dünnwandige Röhren sind als die Haargefäße. Da wenigstens bei den höheren Thieren kein herzähnliches Organ im Lymphgefäßsystem vorhanden ist, welches die Lymphe fortbewegt, so ist die Bewegung keine sehr schnelle und zum größ-

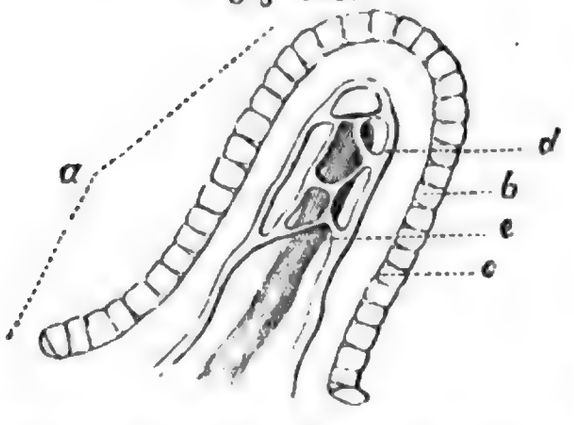
Digitized by Google

ten Theil von der Bewegung der benachbarten Theile und zwar in folgender Weise abhängig. Die Lymphgefäße haben, wie die Blutadern, eine große Menge Klappen, welche den Fortgang der Lymphe nur in einer Richtung, nämlich von den einzelnen Organen bis zur Ausmündung des Lymphgefäßsystems in den Blutkreislauf, gestatten. Bei der Zartheit der Wände werden die Lymphgefäße bei der Bewegung der benachbarten Theile und namentlich der Muskeln, leicht zusammengedrückt und die Lymphe muß aus dem gedrückten Theile des Gefäßes entweichen, was wegen der Klappen nur nach einer Richtung hin möglich ist. Läßt der Druck nach, so rückt von der anderen Seite her neue Lymphe nach. So hängt eine regelmäßige und gesunde Strömung im Lymphgefäßsystem vorzüglich von einer kräftigen und geordneten Bewegung des ganzen Körpers ab.

Das Fortrücken der Lymphe wird aber noch durch eine besondere Anordnung verlangsamt. An gewissen Stellen nämlich schlingen sich die Lymphgefäße in vielfachen engen Windungen zu kleinen Knäueln, den Lymphdrüsen, zusammen, wodurch das Fortrücken der Lymphe merklich gehindert werden muß. Wenn daher die Lymphe in Folge krankhafter Verhältnisse irgend schädliche Stoffe, z. B. die schädlichen Flüssigkeiten eines eiternden Geschwüres enthält, so werden sich die verderblichen Wirkungen dieser schädlichen Stoffe auch vorzugsweise in den Lymphdrüsen oder in ihrer Nähe zeigen müssen; daher entstehen in denselben so leicht Anschwellungen, Entzündungen und sonstige krankhafte Veränderungen.

Das bisher Erwähnte begreift aber eigentlich nur die eine Hälfte des Lymphgefäßsystems. Die andere Hälfte ist von nicht minderer Wichtigkeit. Die innere Fläche der dünnen Gedärme ist mit kleinen, haarfeinen Hervorragungen, den sogenannten Darmzotten bedeckt (Fig. 143); in jeder solchen Darmzotte beginnt ebenfalls ein Lymphgefäß (*e*). Diese Lymphgefäße nehmen aus dem Speisebrei der Gedärme eine eigenthümliche milchweiße Flüssigkeit auf, führen sie durch zahlreiche im Gekröse liegende Drüsen, und endlich vereinigen sich alle diese Gefäße mit den meisten aus dem hinteren Theile des Körpers kommenden in eine größere Röhre, den Milchbrustgang, dessen etwas erweiterten Anfang man die Milchsaftcysterne nennt. Der Milchbrustgang nimmt in seinem allmäligen Verlaufe nach vorn die meisten übrigen Lymphgefäße auf und ergießt sich endlich in der Schultergegend in eine der größeren Blutadern.

Fig. 143.



Digitized by Google

Die Flüssigkeit in den Lymphgefäßen ist anfänglich gleichartig und enthält nur Eiweiß; die der Milchgefäße des Darmes ist weißlich und besteht aus gelöstem Eiweiß mit zahlreichen freien Fetttröpfchen. Erst im Milchbrustgange finden sich allmälig die Lymphkörperchen ein, und die Flüssigkeit fängt an, in Berührung mit der Luft zu gerinnen, enthält also Faserstoff. Die Lymphe wird also allmälig dem Blute immer ähnlicher und geht endlich in den Blutgefäßen ganz in dasselbe über.

D. Das Hautsystem.

§. 100. Der ganze Thierkörper ist äußerlich mit einem derben, fast überall mit Haaren besetzten Ueberzuge, der Haut, bedeckt. An den Oeffnungen, welche ins Innere des Körpers führen, an den Ohren, den Augen, den Nasenlöchern, dem After, der Harnröhre und den Oeffnungen der Zitzen oder Brustwarzen wird dieser Ueberzug feiner und geht bald sehr schnell, bald mehr allmälig in eine bei weitem feinere Bekleidung der inneren Theile über. Da diese innere Bekleidung durch die schleimige Absonderung gewisser kleiner, auf ihr vertheilten Grübchen beständig in einem feuchten Zustande erhalten wird, so nennt man dieselbe, zum Unterschiede von der äußeren Haut, die Schleimhaut. — Beide zeigen indeß eine gewisse Uebereinstimmung in ihrem Bau, und wenigstens finden sich von dem zusammengesetzten Bau der äußeren Haut alle möglichen Uebergangsstufen bis zum einfacheren Bau der feinsten Schleimhäute. Im Allgemeinen sind die Grundlagen der Haut 1) eine Lage von Blutgefäßen und Nerven, welche durch dichtes Bindegewebe zusammengehalten werden; diese Lage heißt bei der äußeren Haut die Lederhaut, weil das dichte, aus Leimstoff bestehende Bindegewebe leicht durch Gerbestoff in Leder umgewandelt wird. 2) Die Blutgefäße der Lederhaut scheiden auf die äußere (freie) Fläche derselben eine sehr bildsame Flüssigkeit aus, in welcher sich sogleich zarte, rundliche Zellen bilden. Diese schleimige Flüssigkeit mit den zarten Zellen wird nach ihrem Entdecker der Malpighische Schleim genannt. 3) Die am meisten nach außen liegenden Zellen des Malpighischen Schleimes platten sich ab, verbinden sich der Fläche nach unter einander zu einer dichten, ebenen Lage, welche man an der Schleimhaut das Epithelium nennt. Mit der Luft in Berührung werden diese Zellen ganz flach, trocken und schuppenförmig, ihre Substanz geht in Hornstoff über und so bilden sie den äußersten Ueberzug des Thieres, die Oberhaut oder Epidermis. Als eigenthümliche Formen der Oberhaut erscheinen die Haare, die Wolle, die Klauen und die Hörner der Rinder, Schafe und Ziegen (die Geweihe der hirschartigen Thiere sind wahre Knochen).

Die Schleimhaut bildet hauptsächlich einen von der Mund- und Nasen-

Digitized by Google

Fig 144.

höhle beginnenden und durch den ganzen Körper bis zum After verlaufenden Kanal (vergl. Fig. 144 von *a*, *b* bis *l*). Derselbe zeigt in seinem Verlaufe mehrere Erweiterungen, Verengerungen, sowie mehrere meistentheils baumförmig verzweigte Anhänge, z. B. *i* und *p*. Das Geschlechts- und Harnsystem ist bei Vögeln, Fischen und Amphibien auch nur ein solcher Anhang der allgemeinen Schleimhautröhre, bei den Säugethieren dagegen ist die Mündung dieses Eingeweidesystems von der allgemeinen Schleimhautröhre weggerückt und bildet so eine besondere Abtheilung (*w*, *z*, *u*). Eine dritte Hauptabtheilung endlich bildet der natürlich nur bei den Säugethieren vorhandene Apparat für die Milchabsonderung (*tz*). Noch müßte hier eigentlich ein ganz kleines Stückchen als besondere Abtheilung erwähnt werden, welches als eine kleine, kurze Röhre (*e*) vom äußeren Ohre ins innere Ohr verläuft und hier am Trommelfell blind endigt.

Nach dieser allgemeinen Uebersicht müssen wir nun die Haut genauer in zwei Abtheilungen betrachten, nämlich erst die äußere Haut und dann die Schleimhaut. Die erste Untersuchung führt uns zur Betrachtung der für den Landwirth so wichtigen Wolle, die zweite dagegen zu einer Betrachtung fast aller und wenigstens der bei weitem wichtigsten und interessantesten Eingeweide.

a. Die äußere Haut.

§. 101. Die ganze Außenfläche des thierischen Körpers ist mit einem gleichartigen Ueberzuge versehen, den man die Haut oder das Fell des Thieres nennt. Sie besteht, wie schon im vorigen Paragraphe erwähnt ist, wesentlich aus drei Schichten, der Lederhaut, dem Malpighischen Schleim und der Oberhaut. Sie ist aber weder im Ganzen, noch in ihren einzelnen Schichten überall von gleicher Dicke. — Am stärksten ist sie gewöhnlich auf dem Rücken, dünner am Bauche und den Extremitäten, am dünnsten und zartesten wird sie am Gesichtstheile des Kopfes, an den Zitzen, den äußeren Geschlechtstheilen und in der Nähe der Oeffnungen des Körpers, wo sie in die Schleimhaut übergeht. Ganz besonders große Verschiedenheiten finden sich in der Dicke und Härte der Oberhaut, welche von dem feinen, fast epitheliumartigen Ueberzuge an den Lippen bis zur derben Schwielenhaut auf den Sohlenballen der Hunde und der knochenartigen Härte der Krallen, Hufe und Hörner die allmäligsten Uebergänge zeigt.

Die Grundlage der Lederhaut bildet ein ziemlich derbes Bindegewebe, darin verbreiten sich die Haargefäßnetze der Blutgefäße und die Nerven, beide liegen vorzugsweise im äußeren Theile der Lederhaut. — An einigen Stellen, z. B. an den Sohlenballen der Fleischfresser, an den Lippen des Pferdes und dem Rüssel des Schweines ist die Lederhaut mit ganz kleinen,

Digitized by Google

nach außen in den Malpighischen Schleim hineinragenden, äußerst nervenreichen Wärzchen, den sogenannten Gefühlswärzchen, besetzt. Auf der inneren Fläche der Lederhaut wird das Bindegewebe lockerer und die Zwischenräume sind mit Fettzellen ausgefüllt, welche eben durch ihr Eindrängen diese lockere Beschaffenheit hervorrufen.

Der eigentlich lebendige Theil der Haut ist die Lederhaut, welche allein Blutgefäße und Nerven enthält, von ihr geht daher auch die Bildung der übrigen Theile der Haut aus. Eine völlig abgestorbene Substanz dagegen ist die Oberhaut, zumal in ihren äußeren Schichten, so wie die Haare, Klauen und Hörner. Diese Theile können daher auch ohne Schmerz für das Thier und ohne unmittelbaren Nachtheil für dasselbe verletzt oder ganz entfernt werden, wie das Beschlagen der Pferde, das Absägen der Hörner beim Rindvieh und das Scheeren der Schafe zeigt. Indem aber von der Lederhaut fortwährend neue Flüssigkeit abgesondert wird, die sich wieder zu Oberhautzellen organisirt, so wird die abgetrennte Oberhaut und die ihr analogen Theile fortwährend auch von Neuem gebildet und ersetzt. So wachsen die Haare, die Hufe immer wieder nach. Ja die meisten Theile der Oberhaut werden in demselben Maße, wie sie von Innen her ersetzt worden, auch nach Außen freiwillig oder doch in Folge der natürlichen Thätigkeit des Körpers abgestoßen. Beständig nutzen sich Hörner, Klauen und Hufe auch ohne menschliches Zuthun ab, und fortwährend trennen sich die äußersten Theile der Oberhaut in Form kleiner Schüppchen los, wie z. B. der Striegelstaub bei den Pferden, der nichts weniger als angetrockneter Schweiß ist, wie man gewöhnlich sagt.

Im einfachsten Falle sind die sämmtlichen, von der Lederhaut abgesonderten Bildungen, der Malpighische Schleim und die Oberhaut, die Haare, Borsten und Hörner farblos oder höchstens blaßgelblich und durchscheinend. Im Ganzen sieht daher die Haut in diesem Falle röthlich aus, weil die durch ihre zahlreichen Blutgefäße im Leben auffallend roth gefärbte Lederhaut, wenn auch im minderen Grade wie bei den noch zarteren Schleimhäuten, doch auch durchschimmert und die Farbe der Theile bestimmt. Außerordentlich häufig ist aber die Haut der Sitz gewisser Farbstoffe, welche oft so sehr sich anhäufen, daß die äußersten Bedeckungen undurchsichtig werden, so daß der rothe Schimmer von der Lederhaut verschwindet. Dieses Pigment, welches, so viel bekannt, nur gelblich oder bräunlich bis braunschwarz vorkommt*) und aus einem sehr kohlenstoffreichen und meistens eisenhaltigen Stoffe besteht, entwickelt sich in den Zellen des Malpighischen Schleimes und bringt je nach der Zahl der beisammenliegenden Zel-

*) Einige Nüancen werden durch die Art der Ablagerung und der Bedeckung durch die Oberhaut hervorgerufen.

Digitized by Google

len und der Menge der Pigmentkörnchen in jeder einzelnen Zelle bald hellere, bald dunklere Farbentöne hervor. So wie aber die Zellen weiter nach Außen gedrängt werden und sich in eigentliche Oberhautzellen umwandeln, scheint sich das Pigment wieder zu verlieren oder doch durch die Einwirkung der Luft entfärbt zu werden, wenigstens zeigt sich die Oberhaut beim schwärzesten Neger oder Rappen nicht dunkler gefärbt als beim Albino oder beim weißgeborenen Schimmel. Davon machen nur die Haare und die eigentlichen Hornbildungen insofern eine Ausnahme, als im gesunden Zustande der an ihrer Wurzel im Malpighischen Schleime erzeugte Farbstoff fast ganz unverändert bleibt, wenn er auch allmälig bis in die äußerste Spitze vorgeschoben ist. Die Bildung dieses Pigmentes scheint mit der Gesundheit des ganzen Körpers in einem engen, obwohl noch unerklärten Zusammenhange zu stehen, denn bei allen Thieren sind die ganz farblosen Spielarten die schwächsten und empfindlichsten. Daß die Pigmententwickelung mit dem Verhältniß des Körpers zu Licht und Wärme zusammenhängt, läßt sich wohl daraus schließen, daß die Thiere der wärmeren Gegenden sich gewöhnlich durch intensive dunkle Farben auszeichnen, während ihre nächsten Verwandten in den kalten Regionen grau oder weiß erscheinen, und daß viele Polarthiere, z. B. das Schneehuhn und der Polarfuchs im Winter eine weiße, im Sommer dagegen eine dunkelfarbige Bedeckung haben.

Die Haut dient einer der wichtigsten Thätigkeiten des Thierkörpers, §. 102.
nämlich der Ausscheidung des Ueberflüssigen und Abgenutzten, und zwar nimmt die Haut daran einen so wesentlichen Antheil, daß jedes Thier sterben muß, wenn man seine Haut mit einem haltbaren, undurchdringlichen Firniß überzieht. — Da es keine thierische Haut zu geben scheint, welche nicht in eigener, später zu erwähnender Weise Fett absonderte, und da die durchaus trockene äußerste Schicht der Oberhaut wohl immer mit diesem Fette getränkt ist, so erscheint es mindestens sehr unwahrscheinlich, daß der Proceß der Ausdünstung durch die allgemeine Oberfläche vor sich gehe. Es ist aber auch durchaus unnöthig, zu einer solchen Annahme zu greifen, da die Haut eigenthümliche, oft sehr künstlich organisirte Organe für die Ausscheidungsthätigkeit besitzt; dies sind die sogenannten Schweißdrüsen, Schweißcanälchen und Schweißporen. — Ueberall zwischen den Haaren findet man bei genauer Untersuchung der Oberhaut feine Oeffnungen (Schweißporen), diese führen in einen kleinen, gewöhnlich ziemlich senkrecht auf die Oberhaut gerichteten und oft geschlängelt verlaufenden Canal (Schweißcanal). Endlich erweitert sich dieser in der Lederhaut bald allmälig, bald mehr plötzlich, bald geht er in eine etwas weitere, knäuelförmig verschlungene Röhre über (die Schweißdrüse). Dieser innerste Theil ist stets mit einem feinen Haar-

Digitized by Google

gefäßnetz dicht umflochten, aus dessen Blut die wässerigen Theile nebst Kohlensäure, Ammoniak, Milchsäure, Essigsäure und einigen nicht näher zu bestimmenden thierischen Stoffen, besonders Riechstoffen, in die Schweißdrüsen abgesondert werden. Der Ausführungsgang der Drüse führt dann diese Flüssigkeit bis an die Oeffnung in der Epidermis, von wo dieselbe langsam in die Luft verdunstet oder bei stärkerer Absonderung, beim sogenannten Schwitzen, sich in Tropfen ansammelt.

Bei der außerordentlichen Wichtigkeit dieser Absonderung aus dem Blute für das gesunde Leben des ganzen Thieres ist natürlich demselben Alles sehr schädlich, was die Ausdünstung stört oder unterdrückt, was durch eine vielleicht krampfhafte Verschließung der Schweißdrüsen oder Ausführungsgänge, z. B. nach Erkältung oder durch Verstopfung mit Unreinigkeiten oder sonstige regelwidrige Beschaffenheit der Haut herbeigeführt werden kann. Daraus wird man dann leicht die außerordentliche Wichtigkeit ermessen können, die eine sorgfältige Pflege der Haut für die Gesundheit und Entwickelung des Thieres haben muß und in dem bekannten Sprichwort: »Putzen ist die halbe Fütterung« nicht übel ausgedrückt ist.

§. 103. Wie schon erwähnt, sind die Haare, Nägel, Klauen, Hufe und Hörner der Hausthiere nur als besondere Modificationen der Oberhaut zu betrachten, die sich außer ihrer eigenthümlichen Form und der außerordentlich starken Entwickelung der Hornsubstanz vorzüglich nur dadurch von der gewöhnlichen Oberhaut unterscheiden, daß die meisten Zellen, statt wie bei dieser platt und schuppenförmig, vielmehr langgestreckt und faserartig entwickelt sind. — Von allen diesen Gebilden will ich hier nur die Haare für eine genauere Darstellung hervorheben, da sie bei der großen ökonomischen Wichtigkeit der Wolle vor allen anderen verdienen, genauer gekannt zu sein *).

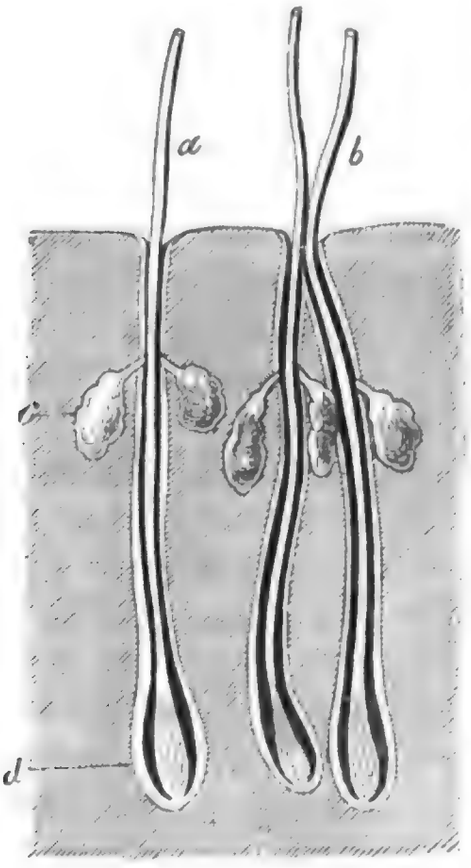
Das Haar (Fig. 145, *a* und *b*, Durchschnitt durch die Haut des Schafes, s. f. S.) ist, wie schon erwähnt, ein Theil der Oberhaut und unterscheidet sich von der gewöhnlichen Oberhaut eigentlich nur durch die Form und Anordnung der Oberhautzellen. Es entsteht aber nicht auf der Oberfläche der Oberhaut, sondern in einer kleinen, engen, eigentlich röhrenförmigen Vertiefung, welche man das Haarsäckchen (*d*) nennt. Auf dem Grunde dieses nach unten etwas weiteren Säckchens ist das Haar befestigt und zwar mit einer kleinen kolbigen Verdickung, welche die Haarzwiebel (bei *d*) heißt. Ungefähr im oberen Drittheil des Haarsäckchens liegen neben demselben zwei kleine, traubenförmige Drüschen,

*) Die folgende Darstellung des Haares und seiner einzelnen Elemente ist ganz nach eigenen Untersuchungen gearbeitet und weicht nur in untergeordneten Punkten von den Ansichten der ausgezeichneten Forscher ab.

Digitized by Google

deren Ausführungsgang in das Haarsäckchen einmündet, die Talgdrüsen (*c*). Diese sondern eine ölige Flüssigkeit ab, wodurch das Haar geschmeidig erhalten und vor Nässe geschützt wird. Die Haarsäckchen sind früher da als das Haar, und um sie zu bilden, stülpen sich nicht nur die Oberhaut, sondern sämmtliche Schichten der Haut nach innen. Ist die Lederhaut dick genug, so liegt das ganze Säckchen in derselben, ist sie aber dünn, so ragen die Haarsäckchen auf der inneren Fläche der Haut (die Aasseite der Gerber) als kleine Wärzchen hervor. Immer verhält sich das Haarsäckchen so, daß der Malpighische Schleim den Boden der Höhle bildet, während die Wände von einer Lage ziemlich derber, flacher Oberhautzellen ausgekleidet sind. Der unterste Theil der Haarzwiebel wird ebenfalls noch von den zarten, rundlichen Zellen des Malpighischen Schleimes gebildet. Bei der Bildung der gewöhnlichen Oberhaut werden jene zarten Zellen, je weiter sie nach außen gedrängt werden, immer flacher, und zuletzt zu vollkommenen Schüppchen ohne erkennbare Höhlung; bei der Bildung des Haares dagegen werden diese Zellen, je weiter sie nach außen kommen, erst spindelförmig und dann immer mehr langgestreckt, bis sie zuletzt lange Fasern bilden, so daß ein Haar eigentlich nur ein Bündel solcher faserförmiger Oberhautzellen ist. Diese faserige Textur erkennt man bei jedem gröberen Haare sogleich unter dem Mikroskop (Fig. 146, ein Stück eines Haidschnuckenhaares, s. f. S.). Noch deutlicher aber tritt die Faserung hervor, wenn man das Haar mit concentrirter Schwefelsäure oder mit Aetzkali behandelt und dann etwas drückt, wodurch man dasselbe ganz in die einzelnen Fasern auflösen kann. Von dieser Bildung macht nur die alleräußerste Zellenlage eine Ausnahme. Diese Zellen werden nämlich nicht zu Fasern, sondern zu flachen Schüppchen, welche sich fast nach Art eines Schieferdaches über einander schieben und so den äußersten Ueberzug des Haares ausmachen (Fig. 146, *a*). — An der Haarzwiebel erkennt man ganz deutlich den allmäligen Uebergang der zarten, runden Zellen in die flachen Schuppen. Bei stärkeren Haaren (z. B. von der Haidschnucke, Fig. 147, *a*, s. f. S.) erkennt man die Schuppen selbst

Fig. 145.

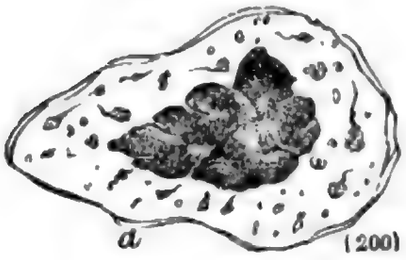


Digitized by Google

deutlich auf dem Querschnitt. — Bei der bisherigen Darstellung ist auf die Bildung des Farbestoffes im Haare noch keine Rücksicht genommen worden. Es verhält sich aber derselbe beim Haare ganz in ähnlicher Weise wie bei der Oberhaut im Allgemeinen. In einem Theile der Zellen des Malpighischen Schleimes entstehen bei den braunen oder schwarzen Haaren mehr oder weniger hellere oder dunklere feine Pigmentkörnchen. Diese das Pigment enthaltenden Zellen liegen immer gegen die Mitte der oberen Hälfte der Haarzwiebel zusammengedrängt; von hieraus werden sie wie die übrigen Zellen nach außen geschoben; auch sie nehmen eine längliche Gestalt an, werden aber bald so zart, daß sie der Beobachtung entschwinden und daß es scheint, als ob der Farbestoff frei in einer Höhle des Haares liege. Der Farbestoff ist immer in der Axe des Haares zusammengedrängt und in den äußeren Theilen ist er stets nur in geringer Menge zerstreut, wie sich das zum Beispiel deutlich an einem Querschnitt durch ein schwarzes Haar der Haidschnucke (Fig. 147) zeigt. Bei den meisten Thieren erscheint die pigmenthaltende Höhle des Haares als ein ununterbrochener Längscanal (Fig. 146, *b*, bei der Haidschnucke), bei einigen dagegen, z. B. bei Mäusen und Fledermäusen in Form kleiner getrennter Höhlen. — Auffallend ist, daß in einigen Fällen die Pigmentbildung am einzelnen Haare in bestimmten Perioden wechselnd auftritt und wieder aufhört, z. B. bei den bekannten stachelförmigen Haaren des Stachelschweins, die deshalb schwarz und weiß geringelt erscheinen *).

Fig. 146.

Fig. 147.



So wie das Haar auf der einen Seite dadurch, daß es dicker und steifer wird, in die Borste und endlich in den Stachel übergeht, so verfeinert es sich auf der anderen Seite allmälig zum Seidenhaar und zur Wolle. Eine

*) Ein Freund von mir hatte diese merkwürdige Erscheinung an den Haaren iner kleinen Stelle in der Nähe der Schläfe, übrigens aber regelmäßig gefärbte schwarze Haare.

Digitized by Google

reine und normale Bekleidung mit Wolle kommt, so viel mir bekannt, in der Natur nicht vor; aber viele Thiere der gemäßigten und kälteren Klimate entwickeln gegen den Winter zwischen ihren gewöhnlichen Haaren eine große Menge von Wollhaaren, wodurch der Pelz dichter und wärmer wird. Im Frühjahre dagegen verlieren sie diese Wolle wieder. Gewöhnlich werden bei dieser Gelegenheit auch die gewöhnlichen Haare theilweise abgeworfen und durch andere ersetzt. Die Wollbildung scheint besonders durch die Wärme begünstigt zu werden, denn der Winterpelz ist offenbar das Produkt der ganzen Einwirkung des Sommers, und wir finden damit übereinstimmend auch, daß ein gleichförmiges, bis zu einem gewissen Grade warmes Klima vorzugsweise die Wollbildung bei den Schafen hervorruft und befördert. Wir kennen zwar das wilde Stammschaf nicht, indeß ist es sehr wahrscheinlich, daß das wilde Schaf ursprünglich keine Wolle besessen hat, sondern vielmehr ein Haar, welches etwa dem der Ziege ähnlich war. Noch jetzt zeigt das Schaf, je mehr es sich dem wilden Zustande annähert, z. B. auf hohen Gebirgsländern, um so weniger Wolle und dafür mehr lange, straffe Haare, wie sich das leicht an dem halbwilden Haidschnuckenschaf beobachten läßt.

Der Unterschied des Haares von der Wolle besteht vorzugsweise in drei Eigenschaften: erstens ist die Wolle feiner, zweitens ist sie nicht straff, sondern wellenförmig hin und her gebogen, und drittens enthält sie weniger Pigment. Die Vorzüglichkeit der Wolle wächst in demselben Maße, als sie diese drei Charaktere im höheren Grade hat, also je weiter sie sich von der Natur des Haares entfernt. Wie groß dieser Unterschied ist, zeigt sich am auffallendsten, wenn man ein Stück eines Haidschnuckenhaares neben einem Stücke von sächsischer Non plus ultra Wolle unter derselben Vergrößerung betrachtet (Fig. 148 und 149). Während bei der Haidschnucke die äußeren schuppenförmigen Bekleidungszellen zu vier bis fünf im Umfange des Haares neben einander liegen, umfassen die so sehr viel kleineren Schuppen der Wolle das Haar fast ganz,

Fig. 148.

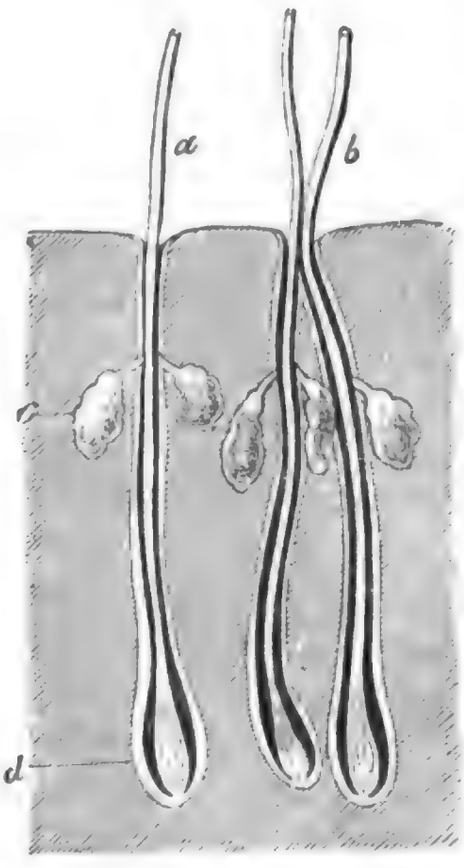
Fig. 149.

so daß für das unaufmerksame Auge dasselbe statt beschuppt, vielmehr geringelt erscheint. — Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Wollsorten besteht noch darin, daß die einzelnen Wollhaare, je edler die Wolle ist, auch in ihrer ganzen Länge einen um so gleicheren Durchmesser hat, und daß die Wollhaare unter einander von gleichförmigerer Dicke sind. Je geringer die Wollsorte, um so ungleicher sind die Haare unter einander und um so ungleicher ist die Dicke des einzelnen Haares an verschiedenen Stellen, so daß es oft Stellen hat, die doppelt so dick sind als andere. Von allen Merkmalen sind diese beiden, nämlich die gleiche Dicke der verschiedenen Haare unter einander, als auch die gleiche Dicke des einzelnen Haares in seinem ganzen Verlaufe die sichersten und untrüglichsten Kennzeichen einer edlen Wolle *).

Die äußere schuppenförmige Bekleidung des Haares liegt immer ganz dicht dem Haare an, nur nach oben stehen die Spitzen der Zellen ein klein wenig ab und geben so dem Haare das Ansehen, als ob es am Rande mit ziemlich entfernten, feinen Sägezähnchen besetzt wäre. Bei dem Wollhaare ist dieses in bei weitem geringern Grade der Fall, wie das mit der allerpeinlichsten Genauigkeit copirte Haar der Non plus ultra Wolle (Fig. 150) zeigt, womit alle einigermaßen guten Wollsorten übereinstimmen.

Fig. 150.

Fig. 151.



Eine physiologische Eigenheit der Wollhaare besteht noch darin, daß sie viel dichter beisammen stehen, als andere Haare und sehr häufig findet man bei Untersuchung der Haut des Schafes, daß zwei und selbst drei Haarbälge in ihrem oberen Theile auf eine längere oder kürzere Strecke mit einander verschmolzen sind (Fig. 151, *b*), so daß zwei oder drei Wollhaare aus einer und derselben Oeffnung der Haut hervortreten.

*) Ich habe nahe an 300 Wollsorten aus den verschiedensten Schäfereien von der alleredelsten Non plus ultra und Electoralwolle bis zur Haidschnucke herab mikroskopisch untersucht.

Digitized by Google

Nur beiläufig will ich hier zum Schlusse bemerken, daß die von dem Engländer Juatt gegebenen Abbildungen der Wollhaare unter aller Kritik elende Sudeleien sind. Der Herr scheint wenig oder gar nichts von Physiologie und jedenfalls nicht das Allergeringste vom Mikroskope zu verstehen; mit dem gemeinsten Nürnberger Mikroskope von Pappe hätte er die Sachen besser sehen können und sehen müssen. Es ist ein unendlich trauriges Zeichen der niederen Stufe unserer landwirthschaftlichen Literatur, daß solche Sudeleien gelobt, empfohlen, abgeschrieben und verbreitet werden.

b. Die Schleimhaut.

§. 104. Die Schleimhaut, welche man als unmittelbare, nur verfeinerte Fortsetzung der äußeren Haut betrachten kann, bildet fast sämmtliche sogenannte Eingeweide oder die inneren Organe des Thierkörpers. Bei einigen der niedrigsten Thiere bildet sie eine einfache, den Körper durchlaufende Röhre; bei etwas vollkommener Organisation gliedert sie sich dadurch, daß bestimmte Theile erweitert werden und dann auch eine eigenthümliche Thätigkeit erhalten; so entsteht zuerst der Unterschied von Schlund mit der Speiseröhre, Magen und Darmcanal. Noch höher aufwärts in der Thierreihe finden wir verschiedene Ausstülpungen, anfänglich als einfach fadenförmige, dann als verästelte Anhänge am Darmcanal, welche aus den sie umgebenden Gefäßen eine bestimmte Flüssigkeit aufnehmen und dem Darmcanal zuführen. Dies ist der erste Anfang zur Bildung der Leber. In ähnlicher Weise, anfangs einfacher, dann complicirter gebaut, treten bei den Thieren die Speicheldrüsen, dann der Respirationsapparat am oberen Ende, der Harn- und Geschlechtsapparat am unteren Ende des ganzen Ernährungscanales auf. Alle diese Organe sind nur Anhängsel des ursprünglich einfachen Schleimhautcanales. Selbst bei den Vögeln sind die Harn- und Geschlechtsorgane noch ein bloßer Anhang des Darmcanales und alle drei haben eine gemeinschaftliche Mündung, die sogenannte Cloake. Erst bei den Säugethieren sind die Harn- und Geschlechtsorgane mit einander verbunden, etwas von der Mündung des Darmcanales, dem After, weggerückt und mit einer eigenen Ausführungsöffnung versehen. — Die folgende schematische Zeichnung (Fig. 152, s. f. S.) ist sehr gut geeignet, diesen inneren Zusammenhang sämmtlicher durch die Schleimhaut gebildeter Eingeweide deutlich und anschaulich zu machen. Hierbei muß indeß, um Mißverständnisse zu verhüten, ausdrücklich bemerkt werden, daß es unmöglich war, den einzelnen Eingeweiden die richtige Form, Lage und relative Größe zu geben. Es ist indeß so weit es möglich war geschehen. Auch ist in der Figur von den Organen, welche paarweise im Körper vorkommen, z. B. Nasenhöhle, Thränencanal,

Digitized by Google

Fig. 152.

Nieren u. ſ. w., nur das Eine dargeſtellt, und einige kleinere Drüſen, z. B. die Thränendrüſe und die kleineren Speicheldrüſen, ſind ganz weggelaſſen.

Der Kopftheil des Schleimhautſyſtems.

§. 105. Wenn wir am Kopf beginnen, ſo finden wir hier eigentlich fünf Oeffnungen, welche ins Innere führen, und ſich mit einander zu einem gemeinſchaftlichen Canal vereinigen. Die Augen und die innere Fläche der Augenlider ſind mit einer zarten Schleimhaut überkleidet, vom innern Augenwinkel verläuft dieſelbe als eine feine Röhre (*d*) durch einen knöchernen Canal in die Naſenhöhle, wo ſie in die Schleimhaut derſelben übergeht. Schon im Auge bildet eine kleine baumförmig verzweigte Ausſtülpung der Schleimhaut einen Anhang, nämlich die Thränendrüſe, deren Abſonderung dazu beſtimmt iſt, die Schleimhaut des Auges (die Bindehaut) feucht und dadurch biegſam und durchſichtig zu erhalten; die abfließende Thränenfeuchtigkeit wird dann durch den erwähnten Canal in die Naſenhöhle geführt. Eine äußerſt weiche und ſchlüpfrige Schleimhaut bekleidet inwendig die Naſenlöcher (*b*), überzieht hier die zarten vielfach zuſammengewickelten Muſchelknochen, und dringt in die großen Höhlen benachbarter Knochen, beſonders des Stirnbeins ein. — Nach hinten vereinigen ſich die beiden Naſenhöhlen unter einander und zugleich mit der Mundhöhle. Die Schleimhaut der Mundhöhle (*a*) überzieht die Wangen, den Gaumen und die Zunge; an jeder Seite liegen drei baumartig veräſtelte Anhänge, die Speicheldrüſen (*c*), und nach hinten erſtreckt ſich jederſeits ein röhrenförmiger Anhang (*f*) bis in den innern Theil des Gehörorgans, wo das Ende deſſelben das Trommelfell überzieht. Eine andere kurze Schleimhautröhre beginnt am äußern Ohr, und dringt nach Innen bis zum Trommelfell vor (*e*), welches ſie von Außen überkleidet. — Der Theil der Schleimhaut, der aus der Vereinigung der Mund- und Naſenhöhlen gebildet wird, heißt der Rachen. Indeſſen bleibt die Scheimhaut nur eine ſehr kurze Strecke einfach, indem ſie ſich ſehr bald in eine vordere und eine hintere Röhre ſpaltet. Dieſe Spaltung liegt am Anfang des Halſes.

Der Bruſttheil des Schleimhautſyſtems.

§. 106. Die vordere jener erwähnten Röhren (die Luftröhre) iſt bei ihrem Anfang mit einem durch eine Schleimhautfalte überzogenen Deckel (dem Kehldeckel) verſehen, welcher durch einige kleine Muskeln bewegt wird, und bei jedem die Oeffnung paſſirenden, feſten oder flüſſigen Körper den Eingang in die Luftröhre vollkommen verſchließt. Gleich unterhalb des Kehldeckels erweitert ſich die Luftröhre zum Kehlkopf (*g*); hier iſt die

Digitized by Google

Schleimhaut durch einige eigenthümlich gestaltete Knorpel ausgespannt. Nach Innen zu springt die Schleimhaut von jeder Seite in eine Falte (die Stimmbänder) vor, wodurch die Röhre bis auf eine schmale Spalte (die Stimmritze) verengt wird; durch die verschiedene Stellung der von kleinen Muskeln bewegten Kehlkopfknorpel kann die Stimmritze verengert und erweitert, und dadurch der hier gebildete Ton der Stimme verändert werden. Der Ton entsteht nämlich, indem die aus den Lungen ausströmende Luft die Stimmbänder in Schwingungen versetzt. — Hinter dem Kehlkopf zieht sich die Luftröhre wieder zusammen (*h*), und theilt sich dann bald in zwei Aeste für die linke und rechte Hälfte der Brust. — Jeder dieser Aeste verzweigt sich dann sehr rasch baumförmig, bis endlich die allerfeinsten Aestchen mit kleinen bläschenartigen Anschwellungen (den Lungenzellen) endigen. Jeder dieser Bäume bildet mit dem dazu gehörigen Bindegewebe, den Blutgefäßen und Nerven eine Lunge; die rechte und linke Lunge nehmen dann das Herz zwischen sich.

Die hintere oder obere Schleimhautröhre beginnt auch mit einer kleinen Erweiterung, dem Schlund, der dann in die gleichförmig fortlaufende Speiseröhre (*k*) übergeht, welche an der Rückenseite der Brusthöhle neben der großen Haupt-Schlagader verläuft und durch eine für sie bestimmte Oeffnung im Zwerchfell in die Bauchhöhle tritt.

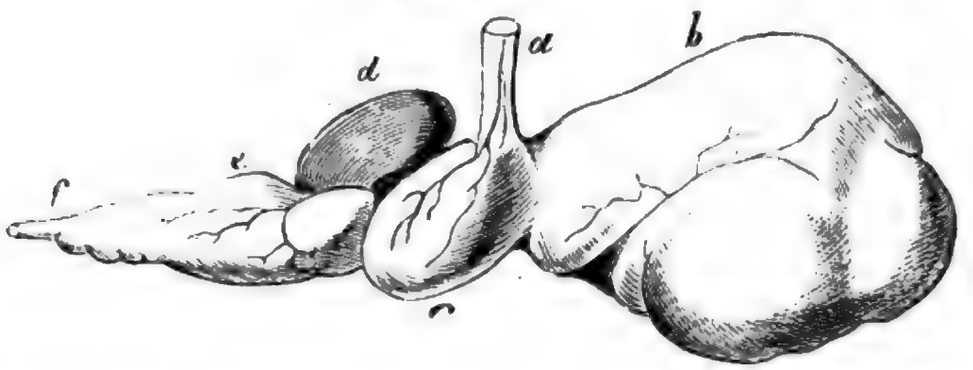
Der Bauchtheil des Schleimhautsystems.

§. 107. Gleich nachdem die Speiseröhre in die Bauchhöhle eingetreten ist, erweitert sie sich bedeutend zum Magen. Die Bildung ist hier aber bei den verschiedenen Thieren verschieden, und am abweichendsten ist besonders der Magen bei den Wiederkäuern gebaut. Bei Pferd und Esel ist der Uebergang von der Speiseröhre ein sehr plötzlicher, dagegen der Uebergang vom Magen in den darauf folgenden Darm ein sehr allmäliger; bei Hund und Katze ist das Verhältniß eher umgekehrt, beim Schweine findet ein mittleres Verhältniß Statt. Uebrigens ist bei allen diesen Thieren der Magen ein mehr oder weniger gekrümmter birnförmiger Sack, in dessen dickeres Ende die Speiseröhre einmündet, dessen dünneres Ende sich in den Darmcanal fortsetzt. Ganz anders ist die Bildung bei den Wiederkäuern, indem hier gleichsam das dickere Ende als ein besonderer Sack (der Vormagen, Wanst oder Pansen) (*l*) vom dünnern Theile getrennt ist; während dieser letztere durch Einschnürungen in drei besondere Abtheilungen, die Haube (*m*), den Psalter (*n*) und den Labmagen (*o*) abgesondert ist. — Besonders starke Bündel ringförmig geordneter Muskelfasern um den Eingang des Magens oder den Magenmund und den Ausgang desselben oder den Pförtner verschließen nach Bedürfniß bald eine, bald beide Oeffnungen bei den Einhufern, Fleischfressern und dem Schweine.

Digitized by Google

Aehnliche Muskelbündel beherrſchen die Eingänge in die verſchiedenen Magen der Wiederkäuer. — Zur beſſern Veranſchaulichung theile ich hier noch eine Abbildung von den vier Magen des Schafes mit (Fig. 153). Hier iſt *a* die Speiſeröhre, *b* der Panſen, *c* die Haube, *d* der Pſalter, *e* der Labmagen und *f* der Pförtner.

Fig. 153.



Vom Magen aus erſtreckt ſich eine lange Röhre, in vielfachen Windungen faſt den ganzen Unterleib erfüllend, der Dünndarm (*s*), deſſen Anfang auch Zwölffingerdarm genannt wird. Von dieſem Zwölffingerdarm aus gehen zwei Ausſtülpungen der Schleimhaut ab. Die eine beginnt mit einer engen Röhre, geht nach rechts und theilt ſich in zwei Arme; der eine Arm ſchwillt zu einer Blaſe, der Gallenblaſe (*q*) an, der andere veräſtelt ſich baumförmig, und bildet mit dem dazu gehörigen Bindegewebe, den Gefäßen und Nerven die Leber (*p*). Die andere geht nach links, veräſtelt ſich ſogleich aber mit einem durchlaufenden Hauptſtamm und bildet mit den andern dazu gehörigen Gewebtheilen die Bauchſpeicheldrüſe (*r*).

Nach vielen Windungen geht endlich der Dünndarm abermals in eine Erweiterung über, welche der Dickdarm genannt wird, und ſich nach einem ziemlich einfachen Verlaufe endlich unter dem Namen des Maſtdarms am After ausmündet.

Das Harn- und Geſchlechtsſyſtem.

Wie ſchon erwähnt, iſt bei den niederen Wirbelthieren, bei Fiſchen, Vö- §. 108
geln und Amphibien das Harn- und Geſchlechtsſyſtem nur ein Anhang am untern Ende des Darmcanals, mit dem es eine gemeinſchaftliche Oeffnung nach außen hat. — So wie am Anfang der großen Schleimhautröhre das Reſpirationsorgan oder die Lunge hauptſächlich für die Ausſcheidung des Kohlenſtoffs thätig iſt, ſo wird am andern Ende die Entfernung des Stickſtoffs durch die Harnorgane beſchafft. — Dort verbindet ſich mit der Reſpiration das Organ der Stimme, hier mit der Harnabſonderung das Organ für die Fortpflanzung; auch ſtehen dieſe beiden

Digitized by Google

Fig. 154.

wichtigen Syſteme bekanntlich in einem eigenthümlichen, obwohl uns noch unbekannten phyſiologiſchen Zuſammenhange, indem die Entwickelung der Stimme aufs Engſte mit der Entwickelung der Geſchlechtsthätigkeit verknüpft iſt. — Die Structurverhältniſſe der harnbereitenden Organe ſind bei beiden Geſchlechtern gleich, die Geſchlechtsorgane aber weſentlich verſchieden am fertigen Thiere, obwohl man eine gewiſſe Aehnlichkeit in der zu Grunde liegenden Anlage bei beiden Geſchlechtern nicht verkennen kann.

Beim weiblichen Thiere liegt die Oeffnung für Harn- und Geſchlechtsorgane etwas unterhalb der Afteröffnung am hintern Rande der Beckenhöhle, und die ſämmtlichen dazu gehörigen Eingeweide liegen in der Becken- und Bauchhöhle (Fig. 154 *u* bis *z*). Beim männlichen Thiere dagegen zieht ſich eine röhrenförmige Verlängerung der Mündung unter der Haut von dem Rande des Beckens abwärts, und allmälig nach vorn bis gegen den Bauch zwiſchen den Hinterbeinen, woſelbſt ſie ſich an der Spitze eines eigenen Anhangs, der männlichen Ruthe, öffnet; auch ſind die wichtigſten Theile der männlichen Geſchlechtsorgane, die Hoden, gleichſam über den Rand der Beckenhöhle hinausgeſchoben, und liegen oder hängen vielmehr an ihren Ausführungsgängen in einer ſackförmigen Erweiterung der äußeren Haut, dem Hodenſack, etwas hinter der Ruthe.

Die harnabſondernden Organe beſtehen zunächſt in der Harnröhre, welche beim weiblichen Thiere ſehr kurz, beim männlichen ſehr lang iſt, bei beiden aber eine mit den Geſchlechtsorganen gemeinſchaftliche Oeffnung nach Außen hat. — Gleich innerhalb der Beckenhöhle erweitert ſich die Harnröhre in die Harnblaſe (Fig. 154, *w*), und von dem hintern obern Theile derſelben verläuft an jeder Seite eine Röhre, der Harnleiter (*v*), vorwärts und aufwärts bis an die Wirbelſäule; hier veräſtelt ſich dieſelbe in zahlreiche Gabeltheilungen, und bildet ſo die Niere (*u*).

Der weibliche Geſchlechtsapparat beginnt ebenfalls mit einer ziemlich weiten Röhre, der Scheide (*x*), die zwiſchen Harnblaſe und Maſtdarm nach vorn geht und ſich, nach innerhalb des Beckens ſcharf abgeſetzt, in die ſehr dickwandige, nach vorne zu in zwei ſeitliche Fortſätze, die Hörner, auslaufende Bärmutter*) erweitert (*y*). Jedes Horn ſetzt ſich in eine Röhre, die Muttertrompete, fort, welche mit einem erweiterten gefranzten Ende aufhört, und zwar in der Nähe der beiden drüſenartigen, in der Beckenhöhle zwiſchen den Häuten aufgehängten Organen, den Eierſtöcken (*z*). In dieſen bilden ſich in eigenen kleinen Höhlen die Eierchen aus, welche ganz einer ziemlich großen, mit einem Kerne verſehenen thieriſchen Zelle gleichen.

---

*) Von dem altdeutſchen Worte baren (tragen), weil darin die Jungen getragen werden. Nur Unwiſſende ſchreiben Gebärmutter.

Digitized by

Beim männlichen Thiere verläuft die Harnröhre von der Spitze der Ruthe aufwärts bis zum Rande des Beckens, und hier erst münden die Geschlechtsorgane in sie ein. Es sind zwei sehr zarte Röhren, die Samenstränge, bei einigen Thieren kurz vor ihrer Ausmündung in die Harnröhre noch mit einer seitlichen blasenförmigen Erweiterung, den Samenbläschen, versehen, welche zwischen Harnblase und Mastdarm liegen. In ihrem weitern Verlauf steigen die Samenstränge über den Beckenrand nach außen abwärts bis in den Hodensack. Hier verästeln sie sich zwar wenig, bilden aber durch ihre bedeutende Länge ein sehr bedeutendes Knäul, die eigentlichen Hoden. Die in dieser verwickelten Röhre abgesonderte und nur langsam fortrückende Flüssigkeit bildet sich bald zu Zellen um. In jeder solchen Zelle entsteht ein Bündel an einem Ende kopfförmig angeschwollener Fasern, und wenn diese, die Samenfäden, vollständig entwickelt sind, werden die Zellen wieder aufgelöst. Die Samenfäden, welche eine lebhaft schlängelnde Bewegung zeigen, bilden mit der sie umgebenden Flüssigkeit zusammen den befruchtenden männlichen Samen.

Beim weiblichen Geschlecht finden wir endlich noch ein getrenntes System von baumförmig verästelten Schleimhautröhren in den Zitzen oder den milchabsondernden Organen (*tz*).

3. Besondere Betrachtung der aus der Schleimhaut gebildeten Eingeweide.

a. Der Speisecanal.

§. 109. Da in den vorigen Paragraphen nur der allgemeine Zusammenhang aller innern Organe des Thieres, so weit dieselben von der Schleimhaut gebildet werden, geschildert ist, so wird es zweckmäßig sein, hier noch einige genauere Bemerkungen über den Bau der solchergestalt gebildeten Eingeweide zusammenzustellen.

Sehen wir von den Lungen und einigen mehr untergeordneten Theilen des Schleimhautsystems ab, so können wir sämmtliche erwähnten Organe in zwei große Abtheilungen bringen, nämlich in den Speisecanal und die drüsenartigen Eingeweide. Der erste bildet eine sich bald erweiternde bald verengernde Röhre, welche, an der Mundhöhle beginnend, am After endigend, anfangs in der Brusthöhle mehr gerade, dann in der Bauchhöhle mehr gewunden durch den ganzen Thierkörper durchläuft. — In ihrem ganzen Verlaufe ist diese Schleimhautröhre mit zahlreichen Blutgefäßen und Nerven versehen und mit einer doppelten Lage von unwillkührlichen Muskelfasern umkleidet. Diese sind fast durchgängig so angeordnet, daß die

Digitized by Google

eine Lage aus Faſern beſteht, welche kreisförmig um die Röhre herumlaufen, und deren Zuſammenziehen eine Verengerung derſelben bewirkt, während die andere Lage aus Längsfaſern beſteht, deren Zuſammenziehung eine theilweiſe Verkürzung der Röhre, und bei gleichzeitiger Erſchlaffung der Zirkelfaſern eine Erweiterung derſelben zur Folge hat. Ihre Thätigkeit iſt in ſo eigenthümlicher Weiſe geregelt, daß, wenn irgend eine Subſtanz reizend auf die Wandung der Schleimhautröhre wirkt, ſich die Längsfaſern vor der reizenden Subſtanz (d. h. in der Richtung vom Mund zum After), und gleichzeitig die Zirkelfaſern hinter derſelben zuſammenziehen; dadurch wird die Subſtanz genöthigt, in den vor ihr entſtandenen erweiterten Raum hineinzurücken, und da ſich dieſelbe Erſcheinung fortſchreitend immer wiederholt, ſo wird die Subſtanz zuletzt durch die ganze Länge der Röhre hindurchgetrieben. — Man nennt dieſe Bewegung, durch welche die aufgenommenen Speiſen durch den Körper des Thieres durchgetrieben werden, die periſtaltiſche Bewegung. Uebermäßige Reize, z. B. Ueberladung des Magens, oder eigenthümliche Reize, z. B. die ſogenannten Brechmittel, haben die beſondere Wirkung, daß ſie die Ordnung in der Zuſammenziehung der verſchiedenen Faſern geradezu umkehren, und natürlich wird dann auch der Inhalt des Speiſecanals, ſtatt in der Richtung vom Munde nach dem After, vielmehr in umgekehrter Richtung fortgetrieben, und es erfolgt eine Ausleerung durch den Mund, welche man Erbrechen nennt. — Bei den Wiederkäuern iſt dieſe Umkehrung der Bewegung in gewiſſer Weiſe eine geſetzmäßige. Das von ihnen aufgenommene Futter gelangt nämlich, wenig von den Zähnen zerkleinert, zunächſt in den Vormagen oder Panſen; hier wird daſſelbe durch den reichlich daſelbſt abgeſonderten Saft erweicht. Die eingeweichten Nahrungsſtoffe treten dann durch die große Oeffnung in den Pſalter, und von hier werden ſie raſch wieder hinauf in den Mund befördert. Die hier vollſtändig zu weichem Brei zerkauten Nahrungsmittel gehen dann beim zweiten Verſchlucken ſogleich in den dritten und vierten Magen, und werden hier und im fernern Verlaufe des Darmcanals verdaut. Die vier Abtheilungen des Magens der Wiederkäuer ſind durch Einſchnürungen, die von ſtärkeren Muskelfaſerbündeln hervorgerufen werden, von einander getrennt, eine Trennung welche aber keineswegs vollſtändig iſt; bei Erſchlaffung der Muskelfaſern können ſich die Oeffnungen zwiſchen der einen und andern Abtheilung noch bedeutend erweitern. Es hängt nun ganz von dem Reiz, den die Nahrungsmittel auf die Wände der Speiſeröhre und insbeſondere auf die Muskelfaſern, welche als Schließmuskel für die einzelnen Abtheilungen dienen, ab, in welchen Magen die genoſſenen Speiſen gelangen. Flüſſigkeiten und weiche breiartige Stoffe in kleineren Biſſen gelangen ſogleich in den dritten und vierten Magen; feſtere und härtere

Substanzen dagegen und größere Bissen werden von den sich zusammenziehenden starken Muskelfasern am Eingang in den dritten und vierten Magen zurückgewiesen und gelangen, durch den schwächeren Widerstand am Eingange in den Pansen weniger gehindert, leicht in diesen.

So ist es überall der eigenthümliche Reiz, welchen die Stoffe in dem Speisecanal zunächst auf die Schleimhaut und ihre Nerven, und dadurch mittelbar auf die Muskelfasern derselben ausüben, welcher das Fortrücken der Speise durch den ganzen Speisecanal verursacht und seiner Richtung nach bestimmt.

Schon früher wurde erwähnt, daß die Schleimhaut vorzüglich den zahlreichen kleinen schleimabsondernden Drüsen ihren Namen verdanke. — Im ganzen Verlauf des Speisecanals sind die drüsigen Bildungen ununterbrochen vorhanden, oft so gedrängt, daß sie schon dem unbewaffneten Auge auffallen. Bei größerer und selbstständiger Entwickelung sind es eben die drüsenartigen Eingeweide, von denen im nächsten Paragraphen noch ausführlicher zu handeln ist; bei einfacherer Bildung dagegen sieht man die Drüsen nur als zur Röhre des Speisecanals gehörige Theile an, und behandelt sie als solche. Ihr Bau ist im Allgemeinen sehr einfach und fast überall derselbe; sie stellen nämlich feine röhrenförmige Vertiefungen in der Schleimhaut dar, die inwendig mit dem die Schleimhaut bedeckenden Epithelium ausgekleidet sind. — In dem ganzen Verlauf des Speisecanals scheint sich das Epithelium (gerade wie die analoge Oberhaut) fortwährend abzustoßen und neu zu erzeugen, aber vorzugsweise scheint dies in den kleinen Drüsen der Fall zu sein, indem jedesmal, wenn sie zur Thätigkeit gereizt werden, mit der von ihnen abgesonderten Flüssigkeit zugleich eine große Menge Epithelialzellen hervorgetrieben wird. — Gerade diese Zellen sind es, welche die Absonderungen der Drüsen und die die Schleimhaut bedeckende Flüssigkeit so schleimig erscheinen lassen und das, was der Chemiker bei seinen Untersuchungen thierischer Flüssigkeiten als Schleim absondert, besteht ebenfalls ganz und gar aus solchen Epithelialzellen, so daß es eigentlich »Schleim« als einen normalen zähflüssigen näheren Thierbestandtheil gar nicht giebt. — Die von den kleinen Schleimhautdrüsen neben den Epithelialzellen abgesonderten Flüssigkeiten sind übrigens nicht nur im Verlaufe des Speisecanals, sondern nicht selten auch an einer und derselben Stelle nach den verschiedenen Zeiten sehr verschieden. — Im Allgemeinen reagiren dieselben alle alkalisch, mit Ausnahme der im Magen abgesonderten, welche deutlich sauer sind, wenigstens zur Zeit der Thätigkeit des Magens. Von organischen Substanzen scheinen die Flüssigkeiten des Magens hauptsächlich »Pepsin« (vergl. Bd. II. S. 170), die übrigen dagegen ähnliche Stoffe, wie der Speichel zu enthalten.

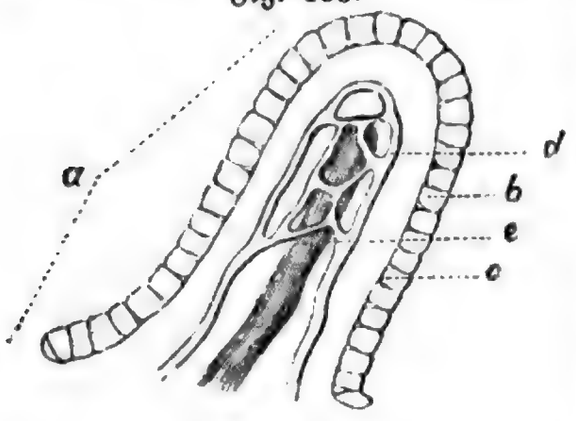
Endlich finden wir in einem Theile des Speisecanals noch eine eigen-

Digitized by Google

thümliche Bildung, gleichſam umgeſtülpte einfache Drüſen, und nicht wie dieſe zur Abſonderung, ſondern vielmehr zur Auffaugung beſtimmt. — Beiläufig iſt dieſer Bildung ſchon früher gedacht worden. Hier iſt dieſelbe ausführlicher zu betrachten.

Wenn wir aufmerkſam den aufgeſchnittenen Speiſecanal eines friſch getödteten Thieres in ſeinem ganzen Verlauf betrachten, ſo wird uns auch ohne mikroſkopiſche Unterſuchung ſogleich auffallen, daß die innere Oberfläche des Dünndarms ſich von der der Speiſeröhre, des Magens und Dickdarms weſentlich unterſcheidet. Sie hat faſt ein ſammetartiges Anſehen, da ſie ſichtbar mit kurzen feinen Faſern oder Läppchen dicht beſetzt iſt; man nennt dieſen Ueberzug ſeiner Erſcheinung wegen die Zottenhaut, und die einzelnen Faſern oder Läppchen die Darmzotten. — Dieſelben beſtehen weſentlich aus folgenden Theilen: Die äußere Bekleidung der Darmzotte (Fig. 155 *a*) bildet das Epithelium der Schleimhaut (*b*), die Mitte der Darmzotte nimmt den Anfang eines Lymph- (oder Milch-) Gefäßes (S. 242) ein (*e*); daſſelbe iſt umflochten von einem Haargefäßnetz (*d*), die Zwiſchenräume endlich ſind von Bindegewebe (*c*) ausgefüllt. Ein feiner Nervenfaden, der ſich ebenfalls in die Zelle hineinerſtreckt, iſt in der Zeichnung weggelaſſen, um dieſelbe nicht zu verwickelt zu machen. — Dieſe kleinen Organe ſtehen mit der Thätigkeit des Dünndarms in weſentlichem Zuſammenhang und ſcheinen vorzugsweiſe dazu beſtimmt zu ſein, aus dem Speiſebrei ein Gemenge (eine Emulſion) von etwas Eiweiß mit vielem Fette aufzunehmen und dem Milchbruſtgang zuzuführen.

Fig. 155.



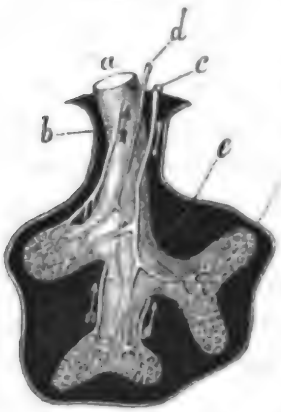
b. Die drüſenartigen Eingeweide.

§. 110. Die zweite Abtheilung der Eingeweide, welche von der Schleimhaut gebildet werden, haben wir die drüſenartigen genannt. Dieſen allen iſt gemeinſchaftlich, daß ſie einen Anhang an dem Hauptcanal der Schleimhaut bilden, der mit einer einfachen Röhre beginnend ſich ſehr bald vielfach veräſtelt, bis zuletzt die letzten Zweige geſchloſſen enden. — Der einfache Anfang iſt der Ausführungsgang, durch welchen die in der weiteren Veräſtelung abgeſonderten Flüſſigkeiten ausgeführt werden. — Die ſämmtlichen Drüſen erhalten ſehr große Blutgefäße, welche ſich in denſelben vertheilen und zuletzt die äußerſten Endungen der Schleimhautröhre mit einem ſehr feinen Netze von Haargefäßen umſpinnen. Auch Nerven treten an jedes

Digitized by Google

derartige Organ. Die Zwiſchenräume aller dieſer Beſtandtheile werden durch Bindegewebe ausgefüllt und dadurch das Eingeweide zu ſeiner beſtimmten Geſtalt abgerundet; auf der Oberfläche endlich bildet das Bindegewebe eine bald dickere, bald dünnere Schicht, welche wie eine eigene Haut die ganze Drüſe umkleidet. Fig. 156 giebt eine ſchematiſche Darſtellung eines kleinen Stückes einer ſolchen Drüſe, z. B. einer Speicheldrüſe, woran man ſich das Verhältniß der einzelnen Theile zu einander leicht deutlich machen kann. *a* iſt die veräſtelte Schleimhautröhre; *c* die Schlagader, welche dieſes Gebilde verſorgt, *f* das von derſelben gebildete Haargefäßnetz, deſſen feine Canälchen ſich nachher wieder zu einer rückführenden Blutader *b* vereinigen. *d* iſt der für die Drüſe beſtimmte Nerve, *e* das Bindegewebe mit ſeiner äußeren derberen Schicht. Denkt man ſich die Veräſtelung der Schleimhautröhre weiter fortgeſetzt, verwickelter und ſomit das ganze Organ größer und zuſammengeſetzter, ſo hat man die allgemeine Grundlage des Baues aller drüſenartigen Eingeweide, namentlich der Speicheldrüſen, der Lunge und Leber, der Nieren und der Hoden.

Fig. 156.



Der Unterſchied im anatomiſchen Bau der ſämmtlichen Drüſen beruht hauptſächlich auf vier Verſchiedenheiten; einmal auf der Art der Veräſtelung der Schleimhautröhre und ihrem Verhältniß zu den Blutgefäßen. So haben die Speicheldrüſen, die Lunge und Leber baumförmige Veräſtelungen, die Nieren gabelförmige und die Hoden äußerſt wenige Veräſtelungen, indem ſie aus wenigen äußerſt langen, knäulförmig zuſammengewickelten Röhren beſtehen. Zweitens finden ſich Verſchiedenheiten unter den einzelnen Drüſen in Bezug auf die Endigung der Schleimhautröhrchen. Dieſelbe iſt bei den Speicheldrüſen und in den Lungen bläschenartig angeſchwollen, bei den andereh dagegen einfach, bei der Leber, wie es ſcheint, ſich in den letzten Zellen der Schleimhaut verlierend. — Drittens kommt das Verhältniß der Blutgefäße zu den Schleimhautcanälchen in Betracht. Im Allgemeinen finden hier große Verſchiedenheiten in der Feinheit des Haargefäßnetzes Statt. Von allen Eingeweiden hat die Lunge die feinſten Haargefäße und das feinmaſchigſte Netz. — Nur bei den Nieren, wie es ſcheint, findet ſich noch etwas Eigenthümliches, indem die Netzgefäße kleine Knäuel bilden, die ſich in Erweiterungen der Schleimhautcanäle hineinlegen.

Der wichtigſte anatomiſche Unterſchied endlich iſt bedingt durch die Anweſenheit oder Abweſenheit eines Behälters, in welchen die in der Drüſe bereiteten Stoffe aufgenommen und bis zu ihrer Verwendung oder völligen Ausſcheidung aufbewahrt werden. Wo ein ſolcher Behälter fehlt, kann

Digitized by Google

man mit Sicherheit auf eine ununterbrochene Ausſcheidung der abgeſonderten Stoffe ſchließen, ſo z. B. bei den Lungen, wo die abgeſonderte Luft mit jedem Athemzuge ausgeſchieden wird, bei den Speicheldrüſen und den einfachen Drüſen der Schleimhaut, bei denen die abgeſchiedene Flüſſigkeit ununterbrochen abfließt und den ganzen Speiſecanal in feuchtem ſchlüpfrigen Zuſtande erhält. — Wo dagegen in den Drüſen zwar fortwährend eine Flüſſigkeit abgeſondert, aber nur zu beſtimmten Zeiten gebraucht oder ausgeſchieden wird, da findet ſich eben am Ausführungsgang der Drüſe noch ein ſchlauchförmiger ſeitlicher Anhang zur vorläufigen Aufnahme der abgeſonderten Stoffe. So wird die beſtändig in der Leber bereitete Galle vorläufig in der Gallenblaſe angeſammelt, bis der Eintritt des Speiſebreies in den Dünndarm ihre Ausſcheidung in den Darm veranlaßt; ſo ſammelt ſich der abgeſonderte Harn in der Harnblaſe, bis dieſelbe ſo gefüllt iſt, daß der durch die Spannung hervorgerufene Reiz die die Blaſe umgebenden Muskelfaſern zur Zuſammenziehung veranlaßt, während gleichzeitig die an der Ausmündung der Blaſe einen Schließungsmuskel bildenden Muskelfaſern erſchlaffen.

4. Die Lebenserſcheinungen der dem Schleimhautſyſtem angehörigen Eingeweide.

§. 111. Nachdem im Vorigen der allgemeine anatomiſche Bau der durch die Schleimhaut gebildeten Eingeweide und ihr innerer Zuſammenhang erörtert ſind, erſcheint es zweckmäßig, hier noch eine kurze Ueberſicht über die Thätigkeiten dieſer Theile zu geben, wenn ſchon das Speciellere über Ernährung, Athmung und Ausſcheidung erſt in einem folgenden Abſchnitt, der ausdrücklich der Theorie der Ernährung gewidmet iſt, erörtert werden wird. — Für unſern gegenwärtigen Zweck theilen wir die geſammten im Vorigen erwähnten Eingeweide in die Reſpirationsorgane, Ernährungsorgane einſchließlich der Harnwerkzeuge, und die Fortpflanzungsorgane.

§. 112. 1) Athmungsbewegung. Im gewöhnlichen Zuſtande iſt das Zwerchfell erſchlafft und durch die dagegen gedrückten Eingeweide nach vorn und oben in die Bruſthöhle hineingedrängt, die Rippen ſind ſämmtlich durch die an ihnen befeſtigten Bauchmuskeln nach hinten gezogen, und ſo hat die Bruſthöhle den kleinſten Umfang; ſie wird genau von den darin liegenden Eingeweiden und hauptſächlich von der Lunge ausgefüllt. Die Lungenbläschen und feinſten Aeſte der Luftröhre ſind von einem elaſtiſchen Bindegewebe umgeben und daher etwas zuſammengezogen. Beim Einathmen wird das Zwerchfell angeſpannt, die Eingeweide der Bauchhöhle zurückgedrückt, die Bauchmuskeln erſchlaffen und die zwiſchen den Rippen, ſo wie an dem oberen Rand der Rippen befeſtigten Muskeln ziehen dieſelben etwas nach

Digitized by Google

vorn und außen, dadurch wird die Brusthöhle erweitert, und da zwischen ihrer Wandung und der Oberfläche der Lungen kein luftleerer Raum entstehen kann, so dringt die Luft von der Nasen- oder Mundhöhle her durch den Kehlkopf und die Luftröhre in die Lungenzellen ein, dehnt dieselben aus, so daß die Lungen auch die erweiterte Brusthöhle vollständig ausfüllen, indem sie eine bei Weitem größere Menge Luft als vor dem Einathmen enthalten. Beim Ausathmen tritt durch Zusammenziehen der Bauchmuskeln bei gleichzeitigem Erschlaffen des Zwerchfells und der Rippenmuskeln die frühere Verengerung der Brusthöhle wieder ein, und indem die Lungenzellen wieder durch ihr elastisches Gewebe zusammengezogen werden, wird ein gleiches Maß Luft als in die Lungen aufgenommen war, wieder ausgestoßen.

Die aufgenommene Luft erleidet aber in den Lungen wesentliche Veränderungen, sie wird bis zur Temperatur des Körpers erwärmt, sättigt sich entsprechend dieser höheren Temperatur aus ihrer feuchten Umgebung mit Wasserdunst, und was das Wichtigste ist, sie verliert eine bedeutende Menge von Sauerstoff und erhält dafür ein dem verlorenen Sauerstoff entsprechendes Maß Kohlensäure. Dies letzte Verhältniß kann aber erst ausführlicher bei der Theorie der Ernährung gewürdigt werden. Indem die ausgeathmete Luft durch die oben erwähnten Schleimhautfalten des Kehlkopfs, die Stimmbänder, durchstreift, entstehen, wenn die Stimmbänder gespannt, die Stimmritze bis zu einem gewissen Grade verengt und das Ausathmen stark genug ist, durch das Zittern der Stimmbänder die Töne, welche, durch die Resonanz theils in der Luftröhre, theils in der Mund- und Nasenhöhle eigenthümlich modificirt, die jedem Thiere zukommende besondere Stimme darstellen. Auch die anderen eigenthümlichen Erscheinungen des Gähnens, Schnarchens, Niesens, Schnaufens, Witterns und Hustens u. s. w. sind nur besondere Arten des nach kurzer Zurückhaltung plötzlich hervorbrechenden Ausathmens, oder der öfteren Wiederholungen des Ein- und Ausathmens, oder der Beschleunigung und Verlangsamerung beider, oder durch sonstige Nebenumstände veränderte Athemerscheinungen.

§. 113. 2) Der Ernährungsproceß. Die in die Mundhöhle aufgenommenen Speisen werden zwischen den Zähnen zerkleinert und gleichzeitig durch den in Folge der Mundbewegung sich reichlicher ergießenden Speichel angefeuchtet. So gelangen sie durch die schon erwähnten Bewegungen der Speiseröhre in den Magen, wo sie durch den in demselben abgesonderten säuerlichen Magensaft zum Theil aufgelöst und chemisch verändert werden, und zwar trifft dies vorzugsweise die stickstoffhaltigen Bestandtheile. Bei den Wiederkäuern wird der Vorgang durch das schon oben geschilderte Zurückkehren der Speisen aus dem Vormagen in die Mundhöhle und das abermalige Durchkäuen etwas verwickelter. Aus dem Magen geht dann der gesammte Speisebrei (Chymus) in den Zwölffingerdarm über. Hier

Digitized by Google

wird demſelben die Galle und die Abſonderung der Bauchſpeicheldrüſe beigemiſcht, wodurch abermals eine Auflöſung und chemiſche Umwandlung, und zwar vorzugsweiſe der Gummi- und Stärkemehlſtoffe erfolgt. Nach der Beimiſchung der Galle und während des allmäligen Fortrückens im Dünndarm verliert der bis dahin ſäuerliche Speiſebrei ſeine ſaure Reaction und wird nun Nahrungsſaft (Chylus) genannt. Schon im Magen beginnt durch die Haargefäße der Magenwände die Ausſaugung der flüſſigen und aufgelöſten Beſtandtheile des Speiſebreies. Dieſe Ausſaugung ſetzt ſich im Darmcanal fort, wobei theils die Haargefäße der Darmſchleimhaut, theils die Anfänge der Lymphgefäße in den Darmzotten thätig ſind. Dadurch wird beim weiteren Fortrücken der Speiſebrei im Darmcanal immer dicker, ſchon gegen Ende des Dünndarms, aber mehr noch im Dickdarm, wird derſelbe durch chemiſche Zerſetzung und Entſtehung eigenthümlicher Gasarten übelriechend, bis er endlich in der bei jedem Thiere eigenthümlichen Conſiſtenz im Maſtdarm anlangt und durch den Reiz, den er hier ausübt, die Bauchmuskeln zu ſo kräftigen Anſtrengungen anregt, daß der Widerſtand der kreisförmigen Muskelfaſern, welche den Maſtdarm an ſeiner Mündung nach Außen umgeben und verſchließen, überwunden und ſein Inhalt, den man nunmehr als Koth bezeichnet, ausgeſtoßen wird.

3) Die Harnausſcheidung. In den feinen Canälen, welche die Schleimhaut in den Nieren bildet, wird fortwährend aus den dieſelben umgebenden Haargefäßen eine Flüſſigkeit, der Urin, ausgeſondert. Dieſer entleert ſich durch die Harnleiter tropfenweiſe in die Harnblaſe, bis ſie davon angefüllt wird und die Spannung einen ſolchen Reiz auf ſie ausübt, daß die zahlreich ſie umgebenden Muskelfaſern ſich kräftig zuſammenziehen und ſo bei gleichzeitiger Erſchlaffung derjenigen Kreisfaſern, welche bis dahin den Uebergang des Urins aus der Harnblaſe in die Harnröhre verhinderten, nunmehr der Urin in einem kräftigen Strahle aus der Harnröhre bis zur völligen Entleerung der Blaſe herausgepreßt wird. §. 114.

4) Die Fortpflanzung. Zu einer beſtimmten Zeit tritt bei den weiblichen Thieren die Brunſt ein. Dieſe charakteriſirt ſich dadurch, daß zu den ſämmtlichen inneren und äußeren Geſchlechtstheilen eine größere Menge Blut zuſtrömt als gewöhnlich der Fall iſt. Alle Theile werden empfindlicher, ſchwellen an, die Muttertrompeten umfaſſen mit ihren umfranzten Mündungen die Eierſtöcke; auch dieſe ſchwellen an. Einige der kleinen Höhlungen, welche Eierchen enthalten, platzen, und die Eierchen fallen in die Muttertrompeten. Hier rücken ſie langſam bis zur Bärmutter fort, in deren Höhle ſich eine ſchleimige, mit Blut untermengte Flüſſigkeit ergießt. So werden ſie endlich mit dieſer Flüſſigkeit durch die Scheide ausgeſtoßen; die Brunſtzeit iſt vorüber und Alles kehrt in den normalen Zuſtand zurück. §. 115.

Digitized by Google

Anders gestaltet sich die Sache, wenn während der Brunstzeit eine Befruchtung durch die Vereinigung mit dem männlichen Thiere stattgefunden hat. In Folge eines Nervenreizes bei dem männlichen Thiere drängt sich das Blut in die Ruthe, diese wird steif und ausgedehnt und in diesem Zustande in die Scheide eingeführt. Der Reiz der dabei stattfindenden Nervenaufregung, der Druck durch die benachbarten von Blut strotzenden Organe und die Zusammenziehung der in der Nähe liegenden Muskeln bewirken dann ein Ausspritzen des im Hoden bereiteten Samens. Dieser gelangt durch die Bärmutter bis in die Muttertrompeten und kommt hier in Berührung mit den Eierchen, wodurch sie befruchtet, d. h. zu fernerer Entwickelung befähigt werden. Diese Entwickelung geht nun in der Bärmutter vor sich, deren innere Oberfläche sich mit einer eigenthümlichen, durch die schon erwähnten schleimigen Absonderungen gebildeten zottigen Haut auskleidet. Durch einen im befruchteten Ei entstehenden Bildungsproceß entwickelt sich nach und nach das junge Thier, anfänglich als ein längliches Plättchen, welches sich aber bald von beiden Seiten her zusammenfaltet und bis auf eine einzige kleine Oeffnung verwächst. Aus dieser Oeffnung treten nämlich einige Blutgefäße hervor, welche bis an die Wand der Bärmutter laufen und hier ein in baumartigen, verzweigten Zotten vertheiltes Haargefäßsystem bilden. Ein ähnliches Haargefäßsystem entsteht gleichzeitig an der entsprechenden Stelle aus der Wand der Bärmutter und verflechtet sich aufs Engste mit dem zuerst erwähnten. Beide zusammen bilden den Mutterkuchen oder die sogenannte Nachgeburt. Durch dieselbe kommt das Blut des neuentstehenden Thieres oder des Embryo in enge Berührung mit dem Blut der Mutter und erfährt durch dasselbe eine ähnliche Veränderung, als das Blut des erwachsenen Thieres in den Lungen durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft. An einen wirklichen Athmungsproceß durch die Lungen ist natürlich bei dem Embryo, welcher in einer ihn völlig umgebenden Flüssigkeit, dem Schafwasser, schwimmt, gar nicht zu denken. Die erwähnten, zum Mutterkuchen hinführenden und von demselben zurückführenden Blutgefäße bilden den Nabelstrang. Ausführlicher auf die Entwickelung des jungen Thieres einzugehen, würde hier unzweckmäßig sein, indem die Entwickelungsgeschichte eine der schwierigsten und am wenigsten unmittelbar mit der Praxis zusammenhängenden Lehren ist.

Sobald der Embryo eine solche Größe und Ausbildung erreicht hat, daß er fähig ist, ein selbstständiges Leben außerhalb der Mutter zu beginnen, ist auch die Ausdehnung der sehr muskulösen Wände der Bärmutter durch den in derselben sich entwickelnden Embryo so weit gediehen, daß nunmehr der auf die Nerven ausgeübte Reiz eine kräftige Zusammenziehung der Bärmutter hervorruft und so den Embryo durch die

Digitized by Google

Scheide ausstößt, d. h. daß derselbe geboren wird. Der Nabelstrang zerreißt, wird von der Mutter abgebissen oder bei den Hausthieren auch wohl von Menschen unterbunden und abgeschnitten, die Narbe der schnell abheilenden Wunde bildet dann den Nabel. So wie das Thier geboren ist, bringt der Reiz der in die Luftröhre eindringenden Luft auch die beim Athmen thätigen Muskeln in Bewegung.

Ueber die Ursachen, welche das Geschlecht des neugeborenen Thieres bestimmen, sind bis jetzt noch keine sicheren Erfahrungen bekannt geworden. Dagegen leidet es keinen Zweifel, daß der Mensch durch Paarung von Thieren, die besondere wünschenswerthe Eigenthümlichkeiten zeigen, zumal wenn diese Paarung in mehreren Generationen wiederholt wird, allmälig einen außerordentlich verändernden und bestimmenden Einfluß auf die Natur der Thiere ausüben kann, und der alte Streit über die Vorzüge der Inzucht, d. h. der beständigen Paarung von Thieren einer und derselben Zucht und Race, und der Kreuzung, d. h. der Paarung der Thiere verschiedener Zucht und Race hat so allgemein gehalten gar keine Bedeutung. Es handelt sich vielmehr immer nur um einzelne zu erreichende Zwecke, und für die Paarung giebt es nur das eine Gesetz, daß beide Zeugenden diejenigen Eigenschaften in möglichster Vollkommenheit zeigen müssen, welche man in der Nachkommenschaft ausgeprägt zu sehen wünscht, und wie weit hier die Entwickelung ganz bestimmter Eigenthümlichkeiten getrieben werden kann, zeigt besonders die englische Viehzucht. Die höchste Stufe kann hierbei nur immer da erreicht werden, wo man sich begnügt, zur Zeit nur einen einzigen Zweck zu verfolgen. Anders wird man verfahren müssen, wenn man das Schaf der Wolle wegen erzieht, anders wenn man die Fleischnutzung vorzugsweise im Auge hat. Was vortheilhafter ist, entscheidet sich nur nach örtlichen Verhältnissen, wer aber beides in demselben Thier vereinigen will, verzichtet bei beidem auf die höchste Vollkommenheit.

E. Die Blutdrüsen.

§. 116. Außer den in dem vorigen Paragraphen betrachteten Eingeweiden, welche dem Schleimhautsystem angehören, befinden sich im thierischen Körper noch einige größere Eingeweide, deren Bedeutung zur Zeit noch ziemlich dunkel ist. Sie gleichen ganz drüsenähnlichen Organen, besitzen aber durchaus keine innere Höhlung, keinen Ausführungsgang und bereiten keine Flüssigkeiten, die durch einen solchen ausgeschieden werden könnten. Sie erhalten aber im Verhältniß zu ihrer Größe auffallend starke Schlagaderstämme.

Das eine dieser Organe scheint vorzugsweise im Leben des Embryo

Digitized by Google

und in dem ersten Leben des jungen Thieres von Bedeutung zu sein, indem es in dieser Zeit am entwickeltsten erscheint. Es ist die vorn an der Brust liegende Brustdrüse, welche vom Kalbe als eine zwar etwas weichliche aber leicht verdauliche Speise für Kranke und Reconvalescenten gesucht wird.

Das zweite Organ dieser Art liegt wie eine große lappige Drüse um den Kehlkopf herum. Es ist die Schilddrüse. Ihre übermäßige krankhafte Vergrößerung nennt man den Kropf.

Das größte von diesen Eingeweiden ist die Milz, welche in der Bauchhöhle auf der linken Seite eine ähnliche Lage hat, wie auf der rechten die Leber. Von dieser letzteren, der Milz, weiß man wenigstens so viel, daß sie sich im lebenden Körper von Zeit zu Zeit zusammenzieht, also entweder das in ihr enthaltene Blut herauspreßt oder das Eindringen des neuen Blutes verhindert.

Aus der großen Menge des Blutes welches in diese Eingeweide einströmt, aus der großen Menge von Lymphgefäßen, welche in der Milz ihren Ursprung nehmen und eine Lymphe von eigenthümlich rother Farbe zeigen, endlich aus einigen, noch keineswegs genügenden mikroskopischen Untersuchungen der Milz hat man geschlossen, daß diese Eingeweide mit der Bereitung des Blutes in einem wesentlichen Zusammenhange stehen. Inwiefern diese Ansicht für die Milz begründet und insbesondere wie weit sie auch auf die beiden andern Eingeweide anzuwenden ist, muß der Entscheidung durch zukünftige Untersuchungen überlassen bleiben.

F. Das Nervensystem.

§. 117. Wie schon erwähnt, ist die Höhle des Schädels und der Canal, welcher sich durch die Wirbelsäule hinzieht, erfüllt mit einer eigenthümlichen, aus kleinen Röhren und kugeligen Anschwellungen bestehenden Substanz, der Nervensubstanz. Der ganzen Länge nach gehen aus dem Schädel und dem Rückenwirbelcanal paarweise, bald dickere, bald dünnere Stränge von Nervenröhren hervor, und vertheilen sich in vielfachen Verästelungen an alle einzelnen Organe. Der größere rundliche Theil im Schädel oder das Gehirn, der dickere Strang oder das Rückenmark im Rückenwirbelcanal, endlich alle jene Stränge oder die Nerven machen zusammengenommen das Nervensystem aus. Von der Gesundheit und gesunden Thätigkeit dieses Nervensystems hängt nun der gesetzmäßige Lauf überhaupt aller im Thier vorkommenden Erscheinungen ab, insbesondere ist es das Nervensystem, durch welches die sämmtlichen einzelnen Theile des Thieres, die sämmtlichen Organe in Verbindung gesetzt und zu einem einheitlichen Leben verknüpft werden. Diese Einheit des Lebens hat vorzüglich in dem

Digitized by Google

Gehirn und dem obern Theil des Rückenmarks ihren Sitz, ſo daß eine Durchſchneidung dieſer Theile und ſelbſt jede bedeutendere Verletzung derſelben unmittelbar den Tod nach ſich zieht. Eine etwas genauere Betrachtung dieſes Syſtems iſt daher für die Einſicht in das Leben des Thieres unerläßlich; die wichtigſten Verhältniſſe, welche bei dem lebenden Thiere ganz und gar vom Nervenſyſtem bedingt werden, ſind die Sinnesorgane und das ſogenannte Seelenleben; beide haben vorzugsweiſe ihren Sitz in dem Theil, welcher den Hirnſchädel ausfüllt, oder im Gehirn. Aber auch alle diejenigen Erſcheinungen, welche ſich mehr oder weniger rein als phyſikaliſche und chemiſche Vorgänge auffaſſen laſſen, ſind doch in ſofern vom Nervenſyſtem abhängig, daß ſie ſogleich geſtört oder unterbrochen werden, ſobald der Nerveneinfluß auf die betreffenden Theile geſtört oder unterbrochen iſt. Die folgenden Betrachtungen laſſen ſich am zweckmäßigſten unter 4 Geſichtspunkte zuſammenſtellen: 1) über den Bau des Nervenſyſtems, 2) die Thätigkeit des Nervenſyſtems im Allgemeinen, 3) die Sinnesorgane, 4) das Seelenleben.

1. Der Bau des Nervenſyſtems.

§. 118. Das Nervenſyſtem zerfällt in zwei Abtheilungen: in die Centraltheile und die Nerven im engeren Sinne des Worts. Die letzteren beſtehen ausſchließlich aus den oben ſchon erwähnten Nervenröhren, die Centraltheile aus Nervenröhren und den ebenfalls ſchon erwähnten Ganglienkugeln. In den Nerven laufen die Nervenröhren ununterbrochen und unveräſtelt fort, in den Centraltheilen entſpringen Nervenröhren aus Ganglienkugeln oder verzweigen ſich, indem eine Nervenröhre zu einer Ganglienkugel anſchwillt, aus welcher dann auf der anderen Seite zwei oder mehrere Nervenröhren wieder hervortreten. Zu den Centraltheilen gehören das im Schädel enthaltene Gehirn, und die im Rückenwirbelcanal enthaltene Fortſetzung deſſelben, das Rückenmark, — endlich noch eine größere Menge kleiner knotenförmiger Anſchwellungen, welche ſich im Verlauf der Nerven an beſtimmten Theilen des Körpers vorfinden, die Nervenknoten oder Ganglien. Die Nerven treten in größeren oder kleineren Bündeln von Nervenröhren, und zwar immer paarweiſe, je rechts und links von Gehirn und Rückenmark ab, verlaufen von hier, indem ſie ſich nach und nach in immer feinere Bündel theilen, entweder durch die erwähnten Nervenknoten oder direct zu den Muskeln und Eingeweiden oder ſonſtigen Körpertheilen, für welche ſie beſtimmt ſind. Hier treten ſie endlich ganz in die einzelnen Nervenröhren aus einander. Dieſe endlich veräſteln ſich vielfach gabelig, wobei ihre Wände immer feiner werden, und verlieren ſich endlich vollſtändig zwiſchen den

Digitized by Google

Gewebtheilen, ohne daß man selbst bei der sorgfältigsten mikroskopischen Untersuchung ihre letzten Endigungen erkennen könnte (so z. B. in Fig. 157 bei *d*). Nur in einigen wenigen Fällen, z. B. im Innern des Gehörorgans, wenden sich die unverästelten Nervenröhren schlingenförmig um und laufen wieder zurück. Jede Nervenröhre geht in dieser Weise ununterbrochen vom Gehirn und Rückenmark, oder von dem Nervenknoten, in welchem sie aus einer Ganglienkugel entstanden ist, bis zu dem Theil, in welchem sie ihre Wirkung äußert.

An dem Rückenmark läßt sich, wenn auch undeutlich, eine Abtheilung in eine rechte und linke Hälfte, und bei jeder wieder eine Abtheilung in einen oberen und einen unteren Strang erkennen. Jeder der vom Rückenmark entspringenden Nerven entsteht aus der Verbindung eines Bündels oder einer Wurzel, die vom oberen Strang, und einer andern, die

Fig. 157.

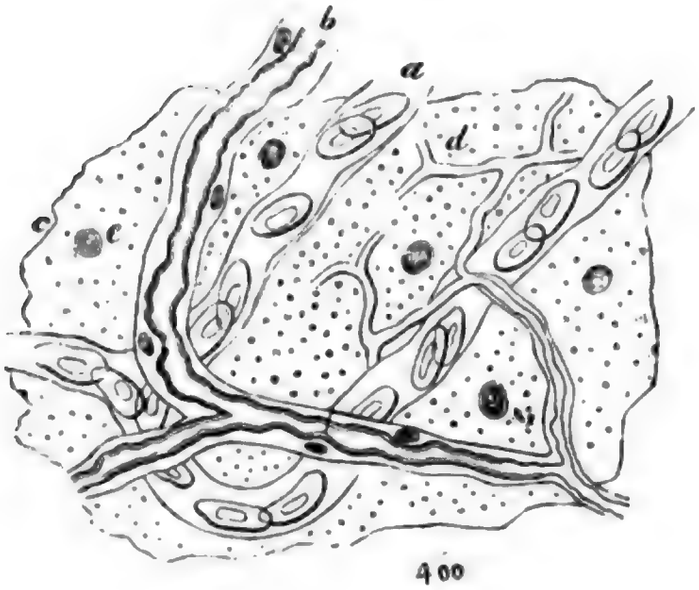
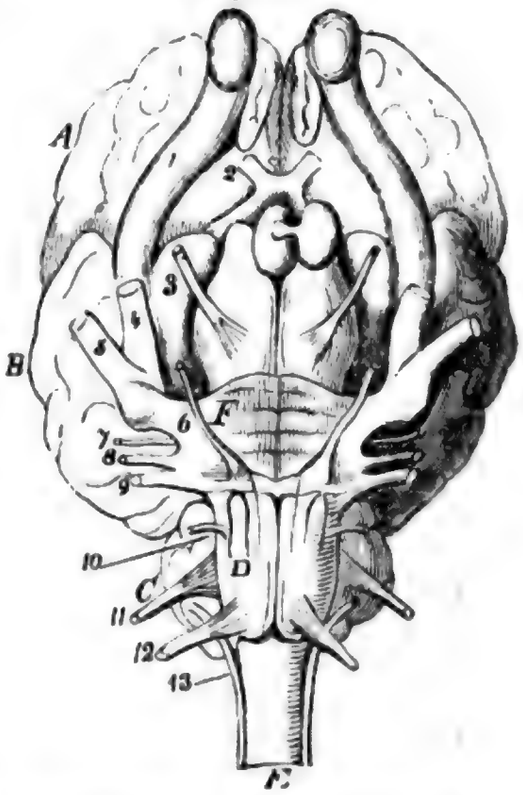


Fig. 158.

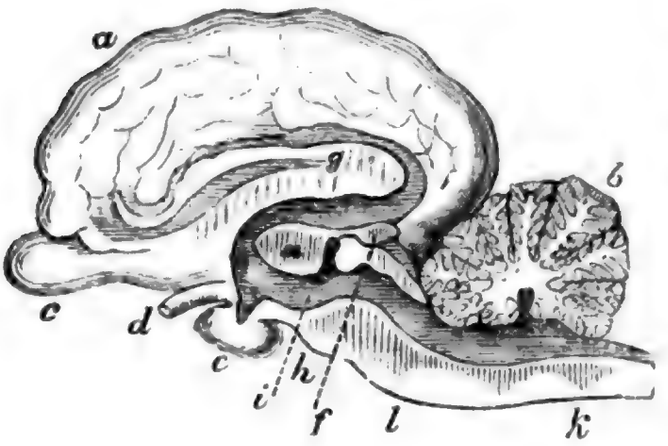


vom unteren Strang herkommt. Bei dem Uebergang des Rückenmarks in das Gehirn kreuzen sich die sämmtlichen Nervenröhren in der Weise, daß die von der rechten zur linken Seite und die von Unten nach Oben und umgekehrt übergehen.

Das Gehirn ist bei allen mit Rückenwirbeln versehenen Thieren, wenn auch in der Ausbildung der einzelnen Theile verschieden, doch nach Einem Plane gebaut. Als Beispiel mag hier eine etwas genauere Betrachtung des Pferdegehirns folgen, welches Fig. 158 von der unteren Fläche gesehen und Fig. 159 in einem senkrechten Längenschnitt zeigt. Das Gehirn zerfällt zunächst in 3 große Haupttheile. Der größte nach vorn

und oben gelegene ist das großе Gehirn (Fig. 158 *AB* und Fig. 159 *a*). Mehr nach hinten und vom ersten zum Theil bedeckt, liegt das kleine Gehirn (Fig. 158 *C* und Fig. 159 *b*). Nur an der unteren Fläche unter dem hintern Theil des großen Gehirns und dem untern kleinen Gehirn sichtbar liegt der dritte Haupttheil, nämlich der große Gehirnknoten mit dem verlängerten Mark, welches letztere unmittelbar in das Rückenmark übergeht (Fig. 158 *F*, *D* und Fig. 159 *h*, *l*, *k*). Auch beim Gehirn ist wie beim Rückenmark eine Trennung in eine rechte und linke Hälfte, und weniger deutlich in einen oberen und unteren Theil zu erkennen.

Fig. 159.



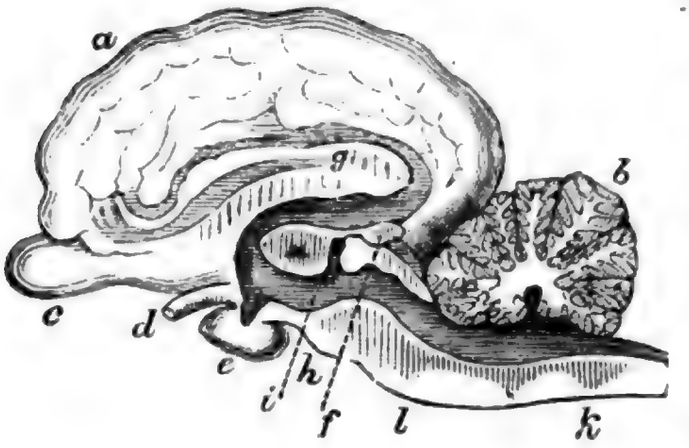
Das große Gehirn wird insbesondere durch eine tiefe Längenfurche an seinem vorderen Ende und in seiner oberen Hälfte in zwei Theile getheilt, welche man die beiden Hemisphären nennt. Außerdem zerfällt jede Hemisphäre weniger deutlich, und fast nur auf der unteren Fläche erkennbar, in einen vorderen (Fig. 158 *A*) und hintern Lappen (Fig. 158 *B*). Von dem vorderen Ende des Rückenmarks zieht sich ein feiner Canal durch das verlängerte Mark unter dem kleinen Gehirn weg und in das große Gehirn hinein, erweitert sich hier, windet sich aufwärts, indem er verschiedene Nebenhöhlen bildet, und steigt dann an beiden Seiten mit einer Sförmigen Biegung in die hinteren Lappen des großen Gehirns hinab (Fig. 159 *i*). Unter den Theilen, welche diese Höhle von oben her bedecken, ist zunächst die Verbindungsmasse zwischen den beiden großen Hälften des Gehirns, der Balken genannt (Fig. 159 *g*), sodann der Sehnervenhügel (Fig. 159 *x*) zu erwähnen. Hinter diesem letztern liegt noch ein kleiner säckchenförmiger Anhang mit Kalkkrystallen, die Zirbeldrüse (Fig. 159 *f*), dadurch merkwürdig, daß man sie früher, weil sie gerade in der Mitte des ganzen Gehirns liegt, für den Sitz der Seele erklärte. Nach unten bildet die Höhle vor dem Gehirnknoten einen kleinen herabsteigenden Trichter, welcher in einen drüsenähnlichen Körper, den Hirnanhang, anschwillt (Fig. 159 *e*). Zwischen dem großen und dem kleinen Gehirn treten aus der zarten, aber blutgefäßreichen Haut, welche das Gehirn umgiebt, zahlreiche Blutgefäße in die beschriebenen Höhlen hinein.

Die Oberfläche des großen Gehirns ist noch mit seichteren Furchen und

Digitized by Google

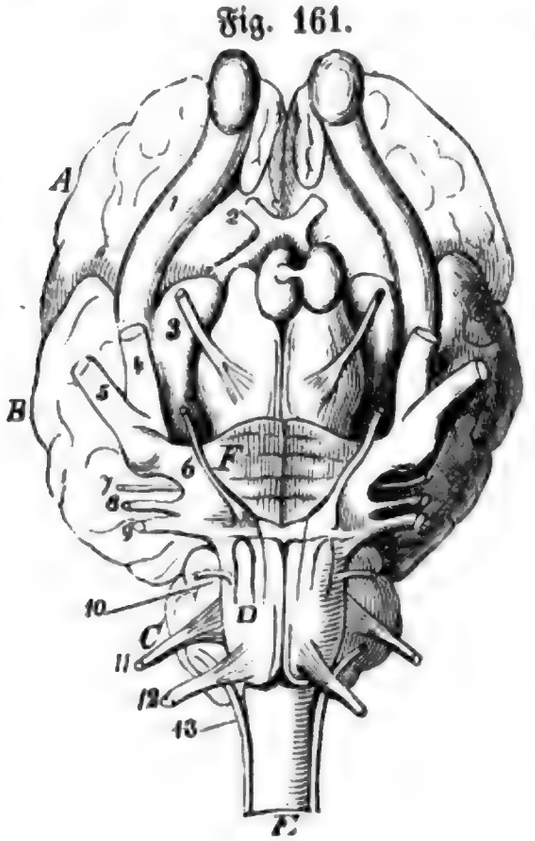
dazwischen liegenden darmähnlichen Hervorragungen bezeichnet. Im Allgemeinen sind diese Zeichnungen um so häufiger und deutlicher und überhaupt das große Gehirn um so entwickelter, je höher ein Thier auf der Entwickelungsleiter, je näher es dem Menschen steht. Auch das kleine Hirn zeigt solche Furchen und Hervorragungen, die aber bei weitem schmäler und weniger durch einander gewunden sind, und da die Furchen tiefer eindringen, dem kleinen Gehirn das Ansehen verleihen, als ob es aus einzelnen zusammengelegten Blättern bestände.

Fig. 160.



Schneidet man die Gehirnsubstanz durch, so erkennt man schon mit unbewaffnetem Auge eine große Verschiedenheit. Im ganzen Umfange zeigt sich eine dünne Schicht einer röthlichgrauen Substanz, die Rindensubstanz, welche sich ziemlich scharf von der inneren elfenbeinweißen Marksubstanz absetzt. Die mikroskopische Untersuchung zeigt in der Rindensubstanz zahlreiche äußerst feine Blutgefäße, wodurch die dunklere Farbe bedingt wird, und ein Vorherrschen der Ganglienkugeln, während in der Marksubstanz die Blutgefäße selten sind und die Nervenröhren vorherrschen. Bei dem kleinen Gehirn tritt die Marksubstanz wegen der schmalen Lappen verhältnißmäßig zurück, und ein Querschnitt zeigt in dem Wechsel der braunen und weißen Substanz äußerst zierliche, blattähnliche Zeichnungen (Figur 160, *b*).

Fig. 161.



Die vom Gehirn abgehenden Nerven entspringen nicht in der Weise, wie die Nerven des Rückenmarks, mit zwei deutlich verschiedenen Wurzeln. Man zählt im Ganzen 13 oder richtiger 12 Paare von Vorne nach Hinten, die alle auf der untern Fläche des Gehirns

Digitized by Google

erscheinen. Das erste Paar sind die großen kolbig geendeten Riechnerven (Fig. 161, 1 und Fig. 160, *c*). Ihre kolbigen Enden liegen im vorderen Ende der Schädelhöhle, da wo dieselbe durch das Siebbein, eine fein durchlöcherte Knochenplatte, von der Nasenhöhle getrennt ist. Durch die Löcher des Siebbeins treten zahlreiche kleine, von den Kolben ausgehende Aeste in die Nasenhöhle und verbreiten sich hier in der Schleimhaut. Das zweite Paar sind die Sehnerven (Fig. 160, *d* und Fig. 161, 2). Unmittelbar vor dem Hirnanhang treten diese Nerven von der rechten und linken Seite zusammen, ein großer Theil der Nervenröhren geht hier von der linken zur rechten Seite und umgekehrt über, und erst nach diesem Austausch treten die Sehnerven wiederum getrennt rechts und links in die Augenhöhlen ein. Ihr ferneres Verhalten in der Augenhöhle soll später bei der Betrachtung des Gesichtssinnes entwickelt werden. Das dritte, sechste und siebente Paar sind kleine, vorzüglich für die Augenmuskeln bestimmte Nerven, und sie treten neben dem Sehnerv in die Augenhöhle ein (Fig 161, 3, 6, 7). Das vierte und fünfte Paar entspringt aus einer gemeinschaftlichen Wurzel, und wird als Eins, nämlich als das fünfte Nervenpaar bezeichnet (Fig. 161, 4, 5). Die vielfachen Verästelungen dieses Paars verbreiten sich in Gemeinschaft mit dem achten Paare (Fig. 161, 8) an die sämmtlichen Theile des Gesichts. Das neunte Paar ist der Gehörnerv, welcher sogleich in das Felsenbein eintritt und sich hier, wie späterhin zu entwickeln ist, im innern Gehörorgan ausbreitet (Fig. 161, 9). Das zehnte, elfte, zwölfte und dreizehnte Paar sind Nerven, die sich an die Zunge, den Schlund und den Magen vertheilen (Fig. 161, 10, 11, 12, 13). Und zwar ist von ihnen ein Theil des zehnten Paares, oder des Zungenschlundkopfnerven der eigentliche Geschmacksnerv.

2. Allgemeine Bemerkungen über die Thätigkeit des Nervensystems.

Den sämmtlichen Betrachtungen über die Wirkungsweise der Nerven müssen wir eine wichtige Warnung vorausschicken, nämlich den Ausspruch, daß es uns durchaus an jeder, auch nur annähernd richtigen Bestimmung der eigenthümlichen, in den Nerven wirksamen Kraft mangelt. Wir können mit großer Sicherheit die Ernährungserscheinungen auf chemisch-physikalische Vorgänge zurückführen; den Bau des Augapfels können wir nach optischen, den Bau des Gehörs und Stimmorgans nach akustischen Gesetzen beurtheilen; der ganze Blutumlauf wird uns durch die Anwendung der Lehren der Hydraulik und Hydrodynamik deutlich; — für das §. 119.

Digitized by Google

in den Nerven Thätige ist es aber zur Zeit noch unmöglich, irgend eine Aehnlichkeit mit einer bekannten physikalischen Kraft durchzuführen, und wenn auch die neueren Untersuchungen Manches an die Hand gegeben haben, um eine gewisse Verwandtschaft zwischen der Nervenkraft und dem galvanischen Strom annehmbar zu machen, so läßt uns doch auch diese Aehnlichkeit in unzähligen Fällen im Stich, und wenn wir von der Thätigkeit der Nerven sprechen, müssen wir, um uns die Sache deutlich zu machen, zu den verschiedensten Gleichnissen unsere Zuflucht nehmen, indem wir den Nerven bald ganz im Allgemeinen als etwas Lebendiges betrachten, z. B. der Nerv ist *gereizt*, — oder ihn mit einer Saite vergleichen, z. B. der Nerv ist *verstimmt*, — oder ihn als einen Metalldraht im elektrischen Apparat ansehen wenn wir sagen: der Nerv *leitet* die Empfindung zum Gehirn.

Ungeachtet dieser gänzlichen Unwissenheit über die eigentliche Natur der Nervenkraft haben uns doch Beobachtungen und Experimente einige höchst interessante Gesetze ihrer Wirksamkeit enthüllt. Das Hauptgesetz beruht auf der Anerkennung, daß es zwei ihrem innern Wesen nach ganz verschiedene Arten von Nervenröhren gebe. Es ist oben erwähnt, daß die Nerven, die vom Rückenmark entspringen, eine doppelte Wurzel haben. Wenn man bei einem lebenden Thiere, z. B. bei einem Frosch, in der unteren Hälfte des Rückenmarks, aus welcher die Nerven für die Hinterbeine entspringen, sämmtliche oberen Wurzeln durchschneidet, so hört in den Hinterbeinen jede Spur von Gefühl auf, obwohl die Bewegung derselben ungestört bleibt; durchschneidet man dagegen sämmtliche unteren Wurzeln, so tritt der entgegengesetzte Erfolg ein, die Hinterbeine werden vollständig gelähmt, obwohl sie ihre vollkommene Empfindlichkeit selbst gegen die leiseste Berührung beibehalten. Es giebt also Nervenröhren, welche ausschließlich dazu bestimmt sind, die Muskeln oder andere Gewebe, welche einer Bewegung fähig sind, in Thätigkeit zu versetzen, welche man deshalb die *Bewegungsfasern* nennt, und andere, welche ausschließlich dazu bestimmt sind, diejenigen Erregungen, welche wir Empfindung nennen, zu vermitteln, welche deshalb *Empfindungsfasern* genannt werden.

Die Thätigkeit der Nervenröhren ist also entweder eine Bewegung veranlassende oder eine Empfindung veranlassende. *Reiz* nennen wir Alles dasjenige, was den Nerv in Thätigkeit versetzt. Bei den Bewegungsfasern liegt der Reiz offenbar in den Centraltheilen; die Wirkung der Nerventhätigkeit zeigt sich dagegen in den Theilen, in denen sich die letzten Endungen der Nervenröhren verbreiten. Bei den Empfindungsfasern wirkt dagegen der Reiz eben auf diese letzten Endungen, und die Wirkung zeigt sich in irgend einem Centraltheil, zu welchem die Nervenröhre hingeht,

Digitized by Google

oder mit andern Worten, der Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Nervenröhren besteht in den verschiedenen Richtungen der Thätigkeit, welche bei den Empfindungsfasern von Außen nach Innen, bei den Bewegungsfasern von Innen nach Außen geht.

Ein zweites wichtiges Gesetz wird uns dadurch klar, daß, wenn wir größere oder kleinere Theile irgend eines bestimmten Nerven durchschneiden, auch stets in ganz bestimmten größeren oder kleineren Theilen, an welche sich dieser Nerv vertheilt, die Bewegung oder Empfindung aufhört. Wir können dadurch nachweisen, daß die in einer Nervenröhre angeregte Thätigkeit in ihrem ganzen Verlauf, von ihrer äußersten Ausbreitung bis zu einem Centraltheil, auf sie allein beschränkt bleibt, und wenn sie auch mit noch so vielen anderen Röhren in Berührung steht, doch keineswegs auf eine oder mehrere derselben übertragen wird. Anders verhält es sich in den Centraltheilen selbst; hier verbreitet sich die in einer Röhre angeregte Thätigkeit und zwar im Verhältniß sowohl zu ihrer eigenen Stärke, als auch zu der Empfindlichkeit der benachbarten Nervenröhren, bald auf einem geringeren, bald auf einem größeren Theile derselben und versetzt diese ebenfalls in Thätigkeit.

Ganz besonders wichtig wird dieses letzte Gesetz für die Verbindung zwischen den Bewegungs- und Empfindungserscheinungen. In den Centraltheilen, in den Nervenknoten, dem Rückenmark und dem Gehirn sind die einzelnen Röhren in der Weise angeordnet, daß ihre Verbindung, sei es durch Berührung mit Ganglienkugeln, oder durch gemeinschaftlichen Ursprung aus einer und derselben Ganglienkugel, stets im Ganzen wie im Einzelnen für die besondere Eigenthümlichkeit des Thieres oder der einzelnen Organe, an welche sich die Nervenröhren verbreiten, zweckmäßig erscheint. Wenn man z. B. einen geköpften Frosch am Halse mit einer Feder kitzelt, so pflanzt sich dieser Reiz durch die Empfindungsnerven bis auf das Rückenmark fort, hier breitet sich die Thätigkeit der Empfindungsfasern auch auf die Bewegungsfasern aus, aber nicht etwa so, daß nur unregelmäßige Zuckungen in dem Körper des Frosches entständen, sondern vielmehr in der Weise, daß das Hinterbein der betreffenden Seite sich nach vorne streckt und die Bewegung des Kratzens macht, um den kitzelnden Gegenstand zu entfernen.

Ein anderes Beispiel zeigt uns die Bewegung des Speisecanals. Wenn in der Speiseröhre irgend ein Gegenstand die in der Schleimhaut sich ausbreitenden Nerven reizt, so pflanzt sich dieser Reiz bis zum nächsten Nervenknoten fort. Hier wird die Thätigkeit auf Bewegungsfasern übergetragen, welche ebenfalls sich in die Muskelschicht der Speiseröhre ausbreiten, und zwar so, daß sich nur die unmittelbar vor dem reizenden Körper liegenden Kreisfasern und die unmittelbar hinter denselben liegenden

Digitized by Google

Längsfasern zusammenziehen, wodurch der reizende Körper in der Richtung nach dem Magen zu fortgeschoben wird. Ein Spiel, welches sich bei jedem neuen Punkt, den der reizende Körper erreicht, in gleicher Weise wiederholt.

Die Reize, welche auf die Nervenröhren anregend zu wirken im Stande sind, werden in 2 Klassen getheilt, in allgemeine und in besondere Reize. Die ersteren wirken auf alle Nerven ohne Ausnahme, wie z. B. der galvanische Strom, die Einwirkung der atmosphärischen Luft, die von der Ernährung abhängige, eigenthümliche Beschaffenheit der Blutflüssigkeit u. s. w. Die besonderen Reize dagegen wirken ausschließlich auf eine ganz bestimmte Gruppe von Nervenröhren, wie z. B. die Schwingungen des Lichtäthers oder die Lichtstrahlen ausschließlich auf den Sehnerv eine für uns erkennbare Wirkung erzeugen, oder wie die Luftwellen, welche die Grundlage des hörbaren Tons ausmachen, allein die Röhren des Gehörnerven in Thätigkeit zu versetzen im Stande sind.

Hier ist aber noch ein Punkt wesentlich hervorzuheben, welcher von großem Einfluß auf die Beurtheilung der am lebenden Körper vorkommenden Erscheinungen ist. Man darf sich nämlich den gewöhnlichen Zustand der Nervenröhren nicht als den der völligen Unthätigkeit denken, vielmehr ist jede Nervenröhre im lebenden Körper in einem gewissen Grade der Thätigkeit, den wir gewöhnlich als den Zustand der Ruhe, richtiger aber als den Zustand der gesunden Spannung bezeichnen. Besonders leicht läßt sich dieses nachweisen bei den Streck- und Beugemuskeln, welche im Zustande der Ruhe nicht etwa vollkommen erschlafft, sondern in einem solchen Grad der Thätigkeit sind, daß sie sich genau gegenseitig das Gleichgewicht halten; durchschneidet man daher die zu den Streckmuskeln gehenden Nerven, so wird augenblicklich das Glied gebeugt und verharrt in dieser Beugung, weil die entgegenstehende Thätigkeit aufgehoben ist. Nun können die Reize, die auf einen Nerven wirken, nicht nur die im Zustande der Ruhe stattfindende gesetzmäßige Thätigkeit des Nerven erhöhen, sondern auch vermindern. Daß auf den Nerven Einwirkende kann ebensowohl erregend als erschlaffend wirken. So z. B. ist die Einwirkung, welche Brechmittel, in geringen Mengen gegeben, auf die Bewegungsnerven ausüben, eine durchaus erschlaffende, und der thierische Körper ist in dem Zustand länger anhaltender Uebelkeit keiner bedeutenden Muskelthätigkeit fähig.

Die sämmtlichen allgemeinen Reize, welche unausgesetzt auf das ganze Nervensystem wirken, wie der Zustand der atmosphärischen Luft nach Reinheit oder Verdorbenheit, nach Feuchtigkeit oder Trockenheit, ferner die den Körper umgebende Temperatur, sowie der Ernährungszustand des Körpers und Anderes bewirken, indem sie die Thätigkeit des einen Theils des Ner-

Digitized by Google

venſyſtems erhöhen, des anderen Theils herabſpannen, ein Geſammtreſultat, welches wir bei dem Menſchen mit einem muſikaliſchen Gleichniß die Stimmung zu nennen pflegen. Ganz beſonders iſt der augenblickliche Ernährungszuſtand des Körpers hierauf von großem Einfluß. Nun iſt aber leicht einzuſehen, daß ein in ſeiner Thätigkeit ſchon erhöhter Nerv eines bei weitem geringeren Reizes bedarf, um bis zum höchſten Grade ſeiner Thätigkeit zu gelangen, als ein anderer, bei dem die Thätigkeit ſelbſt unter den normalen Grad herabgeſtimmt iſt. Die Empfindlichkeit eines Nerven gegen äußere Reize oder ſeine Reizbarkeit ſteht daher im Allgemeinen mit dem Zuſtande ſeiner Thätigkeit in geradem Verhältniß. Daraus erläutert ſich, warum die gleichen äußeren Einwirkungen bei einer verſchiedenen Stimmung des ganzen Nervenſyſtems ſo äußerſt verſchiedene Erſcheinungen hervorzurufen im Stande ſind, weil ſie die einzelnen Nervenröhren jedesmal in einem verſchiedenen Grade von Reizbarkeit antreffen.

Das ſoeben Erläuterte unterliegt aber noch beſonderen Modificationen nach 2 Geſetzen: dem Geſetz der Uebung und dem Geſetz der Abſtumpfung oder Gewöhnung. Wenn irgend ein Nerv durch einen Reiz in erhöhte Thätigkeit geſetzt iſt, ſo kehrt er bei Aufhören des Reizes nicht ſogleich wieder auf den normalen Grad der Thätigkeit zurück, ſondern durchläuft eine Reihe von Mittelſtufen, welche man mit einem von dem Sehnerv entlehnten Worte als »Nachbilder« bezeichnet. Sehen wir z. B. in die Sonne, und ſchließen dann das Auge, ſo haben wir nicht ſogleich wieder die vollkommene, gleichmäßige Dunkelheit, wie ſie gewöhnlich bei geſchloſſenem Auge ſtattfindet, ſondern vor unſerem Auge erſcheint das farbige Bild der Sonne, welches nach und nach die Farben in beſtimmter Folge wechſelt, dabei immer matter wird und erſt nach geraumer Zeit ganz verſchwindet. Aehnlich, wenn wir längere Zeit raſch auf einem Wagen fortbewegt ſind und dann plötzlich anhalten, haben wir bei geſchloſſenen Augen eine Zeit lang das Gefühl der Bewegung in entgegengeſetzter Richtung. Bei großer Aufmerkſamkeit auf die Erſcheinungen des Nervenſyſtems finden wir, daß nach erhöhter Thätigkeit durch einen geſunden, nicht zu ſtarken Reiz der Nerv anfänglich, gleichſam zur Erholung, etwas unter das gewöhnliche Maß ſeiner Thätigkeit herabſinkt, ſo z. B. erſcheint nach einiger Zeit das erwähnte vorher hellere Nachbild der Sonne ſogar als ein dunkeler Fleck auf hellerem Grunde. Nachher aber ſteigt die Thätigkeit der Nerven wieder, und zwar ein wenig über das gewöhnliche Maß, auf welcher Stufe der Nerv dann beharrt. Wirkt dann ſpäter der ganz gleiche Reiz abermals auf denſelben Nerven, ſo findet er ihn in einem Zuſtande höherer Reizbarkeit als früher, es wird alſo dieſelbe Wirkung jetzt um ſo leichter eintreten. Da bei oft wiederholten Reizen derſelben Art ſtets wieder der nämliche Erfolg eintritt, ſo wird zuletzt ſchon ein leichter Grad des Reizes

hinreichen, um eben dieselben Erscheinungen hervorzurufen, zu denen früher ein bedeutend höherer Grad gehörte. Man vergleiche nur, welche ungemeine Anstrengung dem Lernenden die gesetzmäßige Bewegung der Finger auf den Tasten des Claviers kostet, und mit welcher Leichtigkeit dieselben Finger bei dem Geübten über die Tasten hinfliegen. Man bedenke, wie schwer es dem musikalischen Schüler wird, selbst nur die Abweichung eines einzelnen Tones um einen Viertelton aufzufassen, und mit welcher Leichtigkeit das Ohr des geübten Musikers selbst die unbedeutendsten Abweichungen aus einem ganzen, tönenden Orchester heraushört. Dies ist das große Gesetz der Uebung, auf welchem die ganze Ausbildung beim Menschen und die Abrichtung oder Dressur beim Thiere beruht. Hier kommt es überall darauf an, daß die Einwirkungen, welche eine gewünschte Thätigkeit hervorrufen sollen, nie ein gewisses, allerdings nach der verschiedenen Empfindlichkeit des Individuums sehr verschiedenes Maß von Stärke übersteigen, aber häufig wiederholt werden. Die zu schnelle und die zu häufige Wiederholung hinter einander hat aber auch ihre bestimmten Grenzen, indem sonst die Kraft des Nerven erschöpft werden und auch hier das eintreten kann, was wir Abstumpfung nennen.

Wenn die Stärke des Reizes über das gesunde Maß hinausgeht, oder was dasselbe ist, wenn zu häufige Wiederholung das gesunde Maß überschreitet, so sinkt die Thätigkeit des Nerven auf einen tieferen Grad als den der gesunden Spannung herab und bleibt dauernd darauf stehen. Ein späterer Reiz derselben Art trifft daher immer einen weniger reizbaren Nerven und muß daher, um gleiche Wirkungen hervorzubringen, noch stärker sein, als der erste. Auf diese Weise kann durch wiederholte, zu starke Reize die Empfänglichkeit des Nerven zuletzt so herabgestimmt werden, daß selbst ein bedeutender Grad des Reizes scheinbar gar keine Wirkung mehr ausübt; der Nerv ist abgestumpft oder er hat sich an diesen Reiz gewöhnt. Als Beispiel liegt nichts näher als die anfängliche Wirkung des Tabaks und des Spiritus, verglichen mit der späteren scheinbaren Wirkungslosigkeit. Insbesondere fällt aber unter dieses Gesetz der Abstumpfung auch die Abhärtung, indem der Körper durch allmälige und oft wiederholte Einwirkung der Hitze und Kälte, der Feuchtigkeit und Trockenheit der Atmosphäre sich so an diese Reize gewöhnen kann, daß ein Reiz, der den ungewöhnten Körper krank machen würde, an dem gewöhnten ohne alle schädlichen Folgen vorübergeht.

Durch diese beiden Verhältnisse, durch Uebung und Gewöhnung eines Nerven müssen die allgemeinen Reize, welche im einzelnen Falle die Stimmung hervorrufen, bei fortdauernder Einwirkung zuletzt auch eine dauernde Stimmung in den Nerven hervorbringen, welche man mit einem ebenfalls der Musik entlehnten Worte »Temperament« zu nennen pflegt. Die-

Digitized by Google

ſes Temperament, oder die andauernde Stimmung iſt es, wodurch ſich vorzüglich das eine Individuum von dem anderen unterſcheidet. Das Temperament kann natürlich ein erworbenes ſein, wenn während der Lebenszeit und beſonders in den erſten Jahren beſtimmte äußere Verhältniſſe ſtetig auf den Körper einwirken. Bedenken wir aber, daß von allen allgemeinen Reizen wohl keiner von ſo großer Bedeutung iſt, als der allgemeine Ernährungszuſtand des Körpers, von dem ja auch die Ernährung der Nerven abhängt, ſo iſt klar, daß das Temperament auch ein angeborenes ſein kann, indem das ſich bildende Thier während ſeines Aufenthalts in der Bärmutter ganz und gar von dem Ernährungszuſtande der Mutter abhängig iſt und die daraus hervorgehende Stimmung ſich alſo auch nothwendiger Weiſe dem Nervenſyſtem des Embryo mittheilen und einprägen muß. Hierdurch entſteht neben der ſchon erwähnten körperlichen Eigenthümlichkeit der Raſſen auch noch eine ſogenannte geiſtige, welche ſich beſonders deutlich bei den feineren Hunde- und Pferderaſſen ausprägt.

3. Von den Sinnesorganen.

§. 120. Die Sinnesorgane beſtehen in ihrem weſentlichſten Theile nur aus Empfindungsnerven; da die Empfindungen aber der Art nach äußerſt verſchieden ſind, ſo trennen wir ſie in beſtimmte einzelne Sinne. Dabei kann der Theilungsgrund zweckmäßig nicht anders gewählt werden, als daß wir ſo viele Arten des Sinnes unterſcheiden, als uns beſondere Empfindungen auch durch beſondere Nervenröhren zugeführt werden. Wir finden dann, daß uns die Empfindungen von Licht und Farbe ausſchließlich durch den Sehnerven, die Empfindung des Tons durch den Gehörnerven, die des Geruchs durch den Riechnerven, die des Geſchmacks durch den Geſchmacksnerven zugeführt werden. Die Empfindungen dagegen von warm und kalt, hart und weich, rauh und glatt, wohlthuend oder ſchmerzend werden uns alle durch dieſelben Nervenfaſern zugeführt, und wir faſſen daher alle dieſe Empfindungen in den einen Sinn des Gefühls zuſammen.

Damit iſt nun keineswegs geſagt, daß nicht an beſtimmten Stellen des Körpers das Gefühl ſchärfer und feiner ſein könne, als an anderen, wie wir z. B. eine Kartoffel ſehr wohl mit den Fingerſpitzen fühlen, während wir von ihrer Gegenwart im geſunden Magen durchaus gar nichts wiſſen. Dieſe Verſchiedenheit beruht aber nur darauf, daß in den einzelnen Körpertheilen die Empfindungsfaſern ſich entweder in größerer Anzahl verbreiten, oder daß ſie an der einen Stelle der faſt unmittelbaren Einwirkung des Reizes ausgeſetzt, an einer anderen dagegen durch irgend eine Bedeckung mehr dagegen geſchützt ſind. In manchen Fällen, wie gerade in dem erwähnten

Digitized by Google

Beispiel, ist der Unterschied auch nur ein scheinbarer, denn ob wir uns der Thätigkeit einer Nervenröhre bewußt werden oder nicht, hat mit dieser Thätigkeit selbst gar nichts zu thun; daß aber in dem obigen Beispiel die Gefühlsnerven des Magens, welche die Kartoffel berührt, nicht minder in Thätigkeit gerathen, als die Nerven der Fingerspitzen, das beweisen die in Folge dieser Erregung und ihrer Ausbreitung auf die Bewegungsfasern eintretenden Bewegungen der Magenmuskeln.

Natürlich sind die letzten Endungen der Empfindungsfasern immer mindestens von der Haut, sei es von der äußeren, sei es von der Schleimhaut, bedeckt, und dadurch wird die Einwirkung der Reize auf die Nerven immer gemildert und unter Umständen auch verändert. Der Gehör- und Gesichtssinn unterscheiden sich aber von den anderen Dreien wesentlich dadurch, daß zwischen den empfindenden Fasern des Nerven und dem besonderen Reiz noch ein eigenthümlicher, sehr künstlicher physikalischer Apparat liegt, um den Reiz in bestimmter Weise auf den Nerven zu übertragen. Bei dem Geruchs- und Geschmackssinne ist also eine weitere Auseinandersetzung ihrer Eigenthümlichkeit nicht nöthig. Nur beim Geruch ist auf Folgendes aufmerksam zu machen. In der Nasenhöhle finden sich bei den verschiedenen Thieren verschieden geformte äußerst dünne Knochenplättchen, »die Muscheln« genannt. Diese sind vielfach in einander und um einander gewunden und mit der zarten Schleimhaut der Nase überzogen, unter der sich die Zweige des Riechnerven ausbreiten. Diese Vorrichtung dient dazu, um in einem kleinen Raume eine möglichst große Oberfläche zu gewinnen, mit welcher dann auch eine um so größere Menge Luft in Berührung kommen und riechende Stoffe abgeben kann. Es hängt daher die Schärfe des Geruches sehr genau mit der Bildung dieser Muscheln zusammen, und wir können denselben ziemlich sicher bei den einzelnen Thieren nach dem Grade der Entwickelung und Ausbildung dieser Knochenplättchen beurtheilen.

Bei dem Gesichts- und Gehörssinn sind uns zwar die anatomischen Verhältnisse gleich gut bekannt, während wir aber bei dem Auge vollständig die Bedeutung der einzelnen Theile des Augapfels verstehen können, ist uns beim Ohr die Bedeutung des äußerst künstlichen Baues im Innern völlig dunkel und unerklärlich.

§. 121. Wir unterscheiden beim Ohr das äußere und innere Gehörorgan; das äußere ist die Ohrmuschel, ein mit Haut überzogenes und bei den meisten Thieren durch Muskeln nach verschiedenen Richtungen hin zu stellendes Gebilde, welches die Form und den Zweck der künstlichen Hörröhre hat. Es dient dazu, eine größere Menge von Schallwellen aufzufangen und auf einen Punkt, nämlich den Eingang in das innere Gehörorgan, hinzuleiten. Dieser Eingang ist durch eine elastisch ausgespannte Haut, das große Trommelfell, verschlossen. Das ganze innere Gehör-

Digitized by Google

organ liegt innerhalb eines außerordentlich harten Knochenfortsatzes, welcher von der Gegend der Schläfe sich am Grunde der Schädelhöhle nach Innen erstreckt und das Felsenbein genannt wird. Unmittelbar hinter dem Trommelfell befindet sich eine größere, lufterfüllte Höhle, die Paukenhöhle, welche durch einen anfangs knöchernen, nachher knorpeligen Canal, die Eustachische Röhre genannt, mit der Rachenhöhle in Verbindung steht. Nach Innen schließt sich an die Paukenhöhle eine sehr verwickelte, mit Flüssigkeit und den Ausbreitungen des Gehörnerven erfüllte Reihe von Höhlen und Canälen, über deren Bedeutung im Einzelnen wir aber durchaus im Dunkeln sind. Dieser ganze Theil wird seines verwickelten Baues wegen, das Labyrinth genannt und steht mit der Paukenhöhle durch zwei Löcher in Verbindung. Das eine wird das runde Fenster genannt und ist durch eine elastische, darüber gespannte Haut verschlossen, das zweite ist das eirunde Fenster. Auch dieses ist durch eine Haut, die minder straff gespannt ist, außerdem aber noch durch ein mit der Haut verbundenes Knöchelchen geschlossen. Dieses Knöchelchen, das kleinste des thierischen Körpers, hat ganz genau die Form und daher auch den Namen des Steigbügels, und es ist das Fußblatt dieses Steigbügels, welches in das eirunde Fenster eingepaßt ist. Zwischen dem Bügel und dem Trommelfell liegen noch zwei kleine Knöchelchen, zunächst am Bügel der sogenannte Amboß, und an diesem der Hammer. Dieser letzte ist durch einen langen stielförmigen Fortsatz an die innere Fläche des Trommelfells angewachsen. Die Knöchelchen bilden auf diese Weise eine etwas steife Kette zwischen dem großen Trommelfell und dem eirunden Fenster. Sie sind unter einander durch kleine zarte Gelenke verbunden und können durch äußerst feine, sich an sie festsetzende Muskeln etwas in ihrer Stellung verändert werden. So viel läßt sich einsehen, daß, wenn durch die Schallwellen das Trommelfell in Schwingungen geräth, diese Schwingungen durch die Reihe der Gehörknöchelchen fortgepflanzt werden auf das eirunde Fenster, und daß dadurch die Flüssigkeit, welche die einzelnen Fasern des Gehörnerven umspült, erschüttert werden muß. Der Erfahrung gemäß, leidet das Gehör in höherem oder geringerem Grade, wenn die Eustachische Röhre durch Schleim oder auf andere Weise verstopft wird. Das ist aber auch Alles, was wir über die Bedeutung der einzelnen Theile des Gehörorgans mit einiger Sicherheit wissen.

§. 122. Der Gesichtssinn besteht außer den empfindenden Sehnerven aus einem in allen seinen Haupttheilen vollkommen verständlichen optischen Apparat, durch welchen die Uebertragung des Lichtreizes nicht nur im Allgemeinen, sondern vorzüglich auch der einzelnen leuchtenden Punkte in derselben Ordnung, wie sie ein Bild zusammensetzen, auf den flach ausgebreiteten Sehnerven bewirkt wird. Dieser optische Apparat, welcher in seiner

Digitized by Google

Construction und Wirkungsweise ganz einer äußerst vollkommenen Camera obscura gleicht, ist der Augapfel. Derselbe liegt eingebettet in weiche Fettpolster und daher leicht beweglich in der Augenhöhle des Schädels Nach Außen kann er durch einige bewegliche Hautfalten, die Augenlieder, bedeckt werden. Die vordere Fläche des Augapfels und die innere Fläche der Augenlider ist von einer zarten Schleimhaut bekleidet, welche theils durch die Absonderungen kleiner Schleimdrüsen der inneren Augenlidfläche, theils durch die Absonderung der außen und oben liegenden Thränendrüse beständig feucht erhalten wird. Im inneren Augenwinkel nach unten setzt sich die erwähnte Schleimhaut in einen kleinen Canal, den Thränencanal, fort, welcher durch den Knochen bis in die Nasenhöhle herabsteigt und hier in die Schleimhaut der Nase übergeht. Er dient dazu, um die abgesonderten Flüssigkeiten wieder wegzuführen. Der Augapfel wird durch eine Anzahl ihm eigener kleiner Muskeln, die mit dem einen Ende in der Augenhöhle, mit dem anderen am Augapfel befestigt sind, bewegt. Vom Grunde der Augenhöhle her dringt der Sehnerv und ein kleines ernährendes Blutgefäßchen ein. Uebrigens ist er in seinem ganzen Umfange frei und nur durch ein sehr weiches Bindegewebe mit dem ihn umgebenden Fett verbunden.

Die wichtigsten Theile des Augapfels sind folgende: Zu äußerst ist er umgeben von einer sehr derben, weißen, faserigen Haut, der undurchsichtigen Hornhaut. Diese hat nach hinten eine Oeffnung zum Eintritt des Sehnerven, nach vorne einen größeren runderen Ausschnitt, welcher von der etwas stärker gewölbten, durchsichtigen Hornhaut eingenommen wird. Diese durchsichtige Hornhaut wirkt gerade so wie die vordere Glaslinse der Camera obscura. Die ganze innere Oberfläche der Hornhaut ist bedeckt von einer dünnen Lage von Blutgefäßen und einer Schicht tafelförmig an einander gereihter Zellen, welche von dunkelen, fast schwarzen Pigmentkörnchen erfüllt sind. Diese Lage, die Gefäßhaut genannt, hat dieselbe Bedeutung wie der schwarze Ueberzug, welchen man an den inneren Wänden der Camera obscura anbringt, um alle nicht zur Erzeugung des Bildes dienenden Lichtstrahlen aufzufangen, weil sie sonst der Reinheit und Schärfe des Bildes Eintrag thun würden. Von dem vorderen Rande der undurchsichtigen Hornhaut springt noch ein Fortsatz der Aderhaut ringförmig in die Höhle hinein vor. Dieser Ring, hinter der durchsichtigen Hornhaut gelegen, entspricht dem bei der Camera obscura zwischen der ersten und zweiten Linse liegenden, ebenfalls geschwärzten Diaphragma, und dient dazu, die am Rand der Linse durchgehenden Strahlen, welche ebenfalls die Schärfe des Bildes beeinträchtigen würden, abzuhalten. Dieser ringförmige Fortsatz, den man die Regenbogenhaut oder Iris nennt, hat vor den Diaphragmen bei unseren optischen Instrumenten den großen

Digitized by Google

Vorzug, daß er muskelähnliche Faſern beſitzt, durch welche ſeine mittlere Oeffnung, die Pupille genannt, nach Umſtänden, d. h. nach Stärke oder Schwäche des Lichtes, nach Nähe oder Ferne der Gegenſtände, verengert und erweitert werden kann.

Hinter der Regenbogenhaut liegt, von einem ſtrahligen Ringe feſtgehalten, ein äußerſt durchſichtiger Körper, von der Form einer geſchliffenen Glaslinſe, die Kryſtalllinſe genannt, welche der zweiten inneren Linſe einer guten Camera obscura entſpricht. Der Raum zwiſchen der durchſichtigen Hornhaut und der Kryſtalllinſe, ſo wie der hinter der Kryſtalllinſe, welcher bei der Camera obscura Luft enthält, iſt beim Augapfel mit wäſſerigen, durchſichtigen Flüſſigkeiten erfüllt. Endlich breiten die einzelnen Nervenröhren des Sehnerven gleich nach ſeinem Eintritt in den Augapfel ſich auf der freien Fläche der Aderhaut in eine Halbkugelfläche aus, und dieſe Ausbreitung, die Netzhaut genannt, entſpricht dem Papierbogen oder der matt geſchliffenen Glastafel, durch welche in der Camera obscura das Bild aufgefangen wird. Auch hier hat die Ausbreitung der auffangenden Fläche in eine Halbkugel den großen Vorzug vor der ebenen Fläche der Camera obscura, daß dadurch das Bild in allen ſeinen Theilen am Rande ſowohl wie in der Mitte gleich ſcharf und deutlich erſcheint.

Auf dieſe Weiſe wird von den Gegenſtänden auf der Netzhaut ein Bild entworfen, deſſen einzelne Punkte nach ihrer Verſchiedenheit von Farbe, hell oder dunkel als verſchiedene Reize für die getroffenen Nervenröhren wirken, welche dann dieſen Reiz bis zum Gehirn fortleiten. Es würde unzweckmäßig ſein, hier näher auf die im Einzelnen ſchwierige Theorie des Sehens einzugehen. Nur die Bemerkung wollen wir hier noch zufügen, daß die Störungen im Sehen oder das gänzliche Aufhören deſſelben immer einen doppelten Grund haben kann, indem die Urſache einmal in Fehlern des optiſchen Apparates des Augapfels, ein andermal in Fehlern des empfindenden Theiles, des Sehnerven, liegen kann. So unterſcheidet ſich namentlich der graue Staar, welcher in einem Undurchſichtigwerden der Kryſtalllinſe ſeinen Grund hat und meiſtentheils durch Entfernung der krankhaften Kryſtalllinſe gehoben werden kann, von dem ſchwarzen Staar, welcher in einer Krankheit des Sehnerven begründet und meiſtentheils unheilbar iſt.

4. Vom Seelenleben der Thiere.

§ 123. Es iſt eine beſonders in neuerer Zeit wiederum vielfach vertheidigte und ausgebildete Lehre, welche von einem Seelenleben der Thiere ſpricht und ihnen ein ähnliches, wenn auch minder vollkommenes geiſtiges Weſen

Digitized by Google

wie dem Menschen zuschreibt. Wir können uns hier nicht in philosophische Untersuchungen dieses Verhältnisses einlassen, sondern die Sache nur einfach vom Standpunkte des Naturforschers beurtheilen. Dem Naturforscher gilt aber der Grundsatz, daß für ihn kein Gegenstand vorhanden ist, der ihm nicht entweder durch unmittelbare Erkenntniß gegeben ist, also durch Sinnesanschauung und Bewußtsein, oder dessen Existenz er nicht durch vollständige und richtige Schlüsse aus unmittelbaren Erkenntnissen ableiten kann. Nun ist aber geistiges Leben unmittelbar nur für jeden einzelnen Menschen in seinem Bewußtsein vorhanden; bei seinem Nebenmenschen schließt er aus dessen Erscheinung, Thun und Treiben nach vollständiger Analogie, also logisch richtig, ebenfalls auf das Vorhandensein geistigen Lebens. Diese Analogie wird aber schon beim Affen, also beim menschenähnlichsten Thiere, geschweige denn bei den ihm ferner stehenden Thieren so unvollständig, daß sie gar keine logische Schlußkraft mehr hat. Für den strengen wissenschaftlichen Naturforscher giebt es daher keine Thierseele.

Die Erfahrung an uns selbst reicht nun auch vollkommen aus, um nachzuweisen, daß es der Annahme einer solchen Thierseele, d. h. eines selbstthätigen, geistigen Lebens durchaus nichts bedürfe, um alle Erscheinungen gleichwohl vollständig erklärlich zu finden.

Die so außerordentlich regelmäßige und zweckmäßige Bewegung unseres Herzens geschieht ganz ohne alle Mitwirkung unseres Willens, und ohne daß dieselbe uns zum Bewußtsein käme, ausschließlich durch den zweckmäßigen Mechanismus. Das einströmende Blut reizt die Empfindungsnerven und diese stehen in dem nächsten Nervenknoten in einer so zweckmäßigen Zusammenordnung mit den Bewegungsnerven des Herzens, daß die von ihnen auf die Bewegungsnerven übertragene Thätigkeit die nach Stärke und Ausbreitung ganz genau zweckmäßige Zusammenziehung des Herzens veranlaßt. Ganz dasselbe aber gilt, wie schon oben ausgeführt, für den Speisecanal.

Die Empfindungsfasern der Regenbogenhaut sind im Gehirn mit den Bewegungsfasern derselben so zweckmäßig zusammen geordnet, daß der vermehrte oder verminderte Lichtreiz jedesmal ganz ohne unser Zuthun genau die richtige Verengerung oder Erweiterung der Pupille hervorruft. Kurz, ein großer Theil der wichtigsten Organe unseres Körpers ist mechanisch so zweckmäßig geordnet, daß das Spiel der Thätigkeiten ganz ohne alle Einwirkungen unseres geistigen Lebens vor sich geht. Dieser Mechanismus ist aber verschieden nach den verschiedenen Organen und jedesmal dem Zwecke derselben angepaßt.

Es hieße geradezu eine Armuth und Unfähigkeit der schaffenden Naturkraft behaupten, wenn man das in diesen Fällen Wirkliche nicht auch in

Digitized by Google

allen übrigen Fällen für möglich erklären wollte. So wie in den angeführten Beispielen jedes einzelne Organ in Folge der äußeren Reize ohne Dazwischentreten des geistigen Lebens eine genau seiner Natur entsprechende Thätigkeit entwickelt, so können auch bei den sämmtlichen Thieren die sämmtlichen Organe so geordnet und durch einen solchen Nervenmechanismus mit einander verbunden sein, daß die äußeren Reize, welche auf das Thier wirken, stets ein der ganzen Natur des Thieres Entsprechendes hervorrufen. Dieses ist eben, was wir Instinct nennen, und worauf wir naturwissenschaftlich das sogenannte Seelenleben der Thiere zurückführen müssen.

III. Theorie der Ernährung.

Allgemeiner Ueberblick.

§. 124. In der ganzen Thierphysiologie ist kein Gegenstand von so außerordentlicher Wichtigkeit für eine erfolgreiche Führung der Landwirthschaft, als die Theorie der Ernährung. Von diesem Verhältniß ist nicht nur die Viehzucht nach ihren verschiedenen Zweigen und Zwecken, sondern auch wesentlich die Düngerbereitung und somit die ganze Pflanzencultur abhängig. Ohne eine gründliche Einsicht in den Ernährungsproceß des Thieres sind die Erfolge bei der Zucht des Arbeits- und Mastviehes, sowie die Gewinnung und Anwendung des Düngers gänzlich vom Zufalle abhängig, ja was vielleicht noch schlimmer ist, ohne Kenntniß des Ernährungsprocesses ist selbst eine richtige Beurtheilung des Gehaltes und der Wirkungsweise des Düngers völlig unmöglich. Wir dürfen keineswegs behaupten, daß wir bereits bis in alle Einzelheiten eine vollständige und richtige Einsicht in den Ernährungsproceß des Thieres gewonnen hätten; aber dankbar müssen wir es anerkennen, daß Liebig mit eminentem Scharfsinn die ersten wissenschaftlichen Grundzüge einer Theorie der Ernährung aufgestellt und begründet hat. Grundzüge, welche in ihrem wesentlichen Theile für immer unerschüttert da stehen werden. Von diesen Grundlagen müssen wir hier auch ausgehen.

Der ganze thierische Körper ist aufgebaut aus verschiedenartigen Geweben, welche in chemischer Beziehung aus Verbindungen organischer und unorganischer Stoffe gebildet sind. Sehen wir von dem Fett, welches in dem gesunden, erwachsenen, naturgemäß lebenden Thiere in außerordentlich geringer Menge vorkommt, ab, so bestehen alle thierischen Gewebe und alle wichtigeren im thierischen Körper vorkommende Flüssigkeiten, einige ver-

Digitized by Google

hältnißmäßig geringe Beimengung bei letzteren abgerechnet, von organischer Seite ganz aus stickstoffhaltigen Bestandtheilen, so Knochen und Knorpel, Muskeln und Sehnen, Häute, Haare, Klauen, das Blut, die Lymphe, der Fleischsaft u. s. w. Ein Pferd von 4 Jahren besteht annäherungsweise aus

Bestandtheile.	Knochen und Knorpel.	Blut.	Weichtheile und Flüssigkeiten.	Summe.
Wasser	8,67	150,50	440,29	599,46
Verbrennliche Stoffe	24,26	36,95	154,70	215,91
Asche	27,07	1,55	6,01	34,63
	60 Pfd.	189 Pfd.	601 Pfd.	850 Pfd.

Von den verbrennlichen Stoffen sind mindestens mit Sicherheit stickstoffhaltige Verbindungen bei

den Knochen = 24,26 Pfd.
dem Blute = 33,63 »
den Weichtheilen = 130,52 »
Summe 188,41 Pfd.

Oder von sämmtlichen organischen Bestandtheilen sind zum mindestens 86%, aber höchst wahrscheinlich noch viel mehr stickstoffhaltige Verbindungen, welche sich außer durch den Stickstoff auch noch durch Schwefel- und Phosphorgehalt vom Stärkemehl, Gummi, Zucker, von den Fetten und ähnlichen Stoffen unterscheiden.

Wie schon oben (S. 209 und 210) erörtert worden ist, ist jede Thätigkeit irgend eines Organs von einer chemischen Zersetzung eines kleinen Theils seiner Bestandtheile begleitet, wodurch sowohl organische als unorganische Stoffe in einen Zustand versetzt werden, der sie für den thierischen Körper unbrauchbar und daher ihren ferneren Aufenthalt in demselben unthunlich macht. Sie werden daher ausgeschieden. Auf diese Weise würden aber sämmtliche Organe des Thierkörpers in kurzer Zeit völlig abgenutzt und ein ferneres Leben des Thieres unmöglich werden, wenn nicht dieser Verlust fortwährend durch Zuführung neuer Substanz ausgeglichen und wieder ersetzt würde. Daher entsteht im thierischen Körper das Nahrungsbedürfniß. Daß dem wirklich so sei, geht schon einfach aus der Möglichkeit und den Erscheinungen des Verhungerns hervor. — Wenn auch vollkommen stickstofffreie oder gar keine Nahrung eingenommen wird, geht doch die Abscheidung von Harnstoff, milchsaurem Ammoniak durch

Digitized by Google

den Urin, von kohlensaurem Ammoniak durch Haut und Lungenausdünstung, die Abnutzung der Oberhaut, der Haare und Horngebilde ununterbrochen fort, und verzehrt so die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Körpers. Auf diese Weise verlieren nach Chossat's Versuchen hungernde Vögel durchschnittlich $^{44}/_{1000}$, hungernde Säugethiere $^{40}/_{1000}$, also etwa $^1/_{25}$ ihres Körpergewichts in 24 Stunden, und sobald der Gesammtverlust $^1/_3$ bis $^2/_5$ des Körpergewichts beträgt, stirbt das Thier. Sehr interessant ist das eigenthümliche Verhältniß, in welchem sich dieser Verlust auf die einzelnen Theile des Körpers vertheilt. Man kann hieraus mit ziemlicher Sicherheit auf die Schnelligkeit des Stoffwechsels in den einzelnen Bestandtheilen des Körpers schließen, was allerdings dadurch noch modificirt wird, je nachdem die Substanzen leichter zersetzbar sind. Die von Chossat bei Tauben gewonnenen Resultate zeigt folgende Tabelle, in welcher der Verlust jedes einzelnen Theils in Tausendtheilen seines ursprünglichen Gewichts angegeben ist.

Beim verhungerten Thiere hatten verloren:

Fett	933	Magen	397
Blut	750	Schlund und Speiseröhre	342
Milch	714	Haut	333
Bauchspeicheldrüse	641	Nieren	319
Leber	520	Athmungsorgane	222
Herz	448	Knochen	167
Gedärme	424	Augen	100
Muskeln	423	Nervensystem	19

Während also fast alles Fett und $^3/_4$ der gesammten Blutmenge aufgezehrt werden, verliert das Nervensystem noch nicht 2% seines ursprünglichen Gewichts. Der Einfluß der größeren Thätigkeit der Organe auf ihre schnellere Abnutzung zeigt sich auf merkwürdige Weise selbst bei den einzelnen Classen von Organen. So erleiden die Herzmuskeln einen größeren Verlust als die übrigen Muskeln, und von diesen ist der fortwährend bei den Vögeln thätige Brustmuskel derjenige, dessen Verlust $1^1/_2$mal so groß ist als der der anderen Muskeln. — Bedenkt man, daß das Gewicht der in obiger Tabelle aufgeführten Theile ein sehr verschiedenes ist, so erhalten wir noch eine bessere Uebersicht, wenn man der Verlust in absoluten Gewichten ausdrückt, wie die folgende Tabelle zeigt. Verliert nämlich ein Thier beim Verhungern 100 Loth an Gewicht, so kommen davon

auf Blut	$5^1/_2$	Lth.
» Körpermuskeln	$46^1/_3$	
» Herzmuskel	$1^1/_3$	$52^1/_2$ Lth.
» Muskeln des Darmcanals	$4^1/_3$	

Digitized by Google

auf Drüsen des Unterleibs	$5\frac{1}{4}$	
» Lungen	$\frac{1}{2}$	11 Loth.
» äußere Haut	4	
» andere Theile	$1\frac{1}{4}$	
» Knochen		$3\frac{3}{4}$ Loth.
» Fett		$27\frac{1}{4}$ Loth.

Die Erfahrung weist nun aber nach, daß unorganische Stoffe nicht im Stande sind, diese beständige Abnutzung des Körpers wieder zu ersetzen. — Es ist kaum nöthig, zu bemerken, daß Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure der Luft, obwohl sie die Elemente der organischen Bestandtheile enthalten, sobald wir noch Wasser hinzufügen, den thierischen Körper nicht erhalten können. Die Erfahrung ist schon in dem alten Sprichwort ausgedrückt: »Der Mensch kann nicht von der Luft leben«. — Eher schon könnte man vermuthen, daß Mineralbestandtheile, als Thon, Erde, Bergmehl u. s. w., als Nahrungsstoff angesehen werden dürften, da wir wissen, daß Neger und einige andere wilde Völkerschaften, besonders beim Mangel anderer Nahrung, selbst mit einer eigenthümlichen Leidenschaft gewisse Thon- und andere Erdarten verschlingen, daß selbst civilisirte Nationen, z. B. Deutsche, Schweden, Norweger u. s. w., in Zeiten der Hungersnoth ihre Zuflucht zu Bergmehl, Kieselguhr und anderen Mineralbestandtheilen genommen haben. Aber physiologische Gesetze und Experimente, sowie genaue Beobachtung der erdeessenden Menschen (auch bei Kindern kommt zuweilen die Neigung, Erde zu essen, vor) zeigen uns, daß das Gelüste nach Erde und dergleichen, nur durch eine krankhafte Verstimmung der Magennerven hervorgerufen, nicht dem wirklichen Nahrungsbedürfniß entspricht, daß zwar das Volumen des aufgenommenen Stoffs dazu dienen kann, auf eine zeitlang die quälende Empfindlichkeit der Magennerven abstumpfen, aber niemals auch nur den geringsten Ersatz für den erlittenen Verlust des Körpers zu leisten, und daß durch solche Nahrung bei Ausschluß aller anderen der Hungerstod auch nicht um eine Stunde verzögert wird. — Um die Erscheinung des Erdessens begreiflich zu finden, brauchen wir uns nur daran zu erinnern, daß die Absonderungen des Darmcanals nach seinen verschiedenen Zuständen so äußerst verschieden sind. Der bloß mechanische Reiz irgend eines auch völlig unverdaulichen Körpers im Magen ruft eine Anschwellung der Blutgefäße desselben und eine Absonderung säuerlicher Flüssigkeiten hervor; ein Zustand, den uns die Empfindungsnerven des Magens als einen ganz behaglichen zum Bewußtsein bringen. Im völlig entleerten Zustand sind dagegen die Absonderungen des Magens alkalisch; dauert dieser Zustand der Leere länger, so findet sich ein flauer laugenhafter Geschmack selbst in der Mundhöhle ein, und geht endlich der Zustand in wirkliches beginnendes Verhungern über, so werden die Abson-

Digitized by Google

derungen des Magens allmälig so widerlich, daß man einen Verhungernden schon von Weitem an dem übeln Geruch, der sich aus seinem Munde entwickelt, erkennen kann. Dieser Zustand der Magennerven, die durch solche fehlerhafte Absonderungen auf unangenehme, ja selbst schmerzhafte Weise angeregt werden, kann nun allerdings selbst durch völlig unverdauliche und allen Nahrungsstoffs bare Substanzen dadurch, daß sie die Qualität der Absonderungen ändern, auf einige Zeit gehoben werden. — Aber von diesen Substanzen geht nichts ins Blut über, und ist nichts im Stande, den thierischen Körper zu erhalten.

Aber die Zahl der wirklichen Nahrungsstoffe ist in noch viel engere Grenzen eingeschlossen, und nicht nur die unorganischen Elemente und Verbindungen sind für sich unfähig, den Körper zu ernähren. Die Erfahrung weist uns vielmehr nach, daß der thierische Körper durchaus nicht im Stande ist, diejenigen stickstoffhaltigen Bestandtheile, um deren Ersatz es sich hier handelt, aus den Elementen selbst zu bilden, oder auch nur durch Umwandlung und Verbindung der meisten in der Natur vorkommenden Stoffe zu erzeugen; daß vielmehr dazu ausschließlich die Proteinverbindungen und vielleicht unter gewissen Verhältnissen die Leimstoffe geeignet sind. Die folgende kleine Tabelle weist nach, wie schnell das Körpergewicht eines Thieres abnimmt, wenn man alle Proteinstoffe aus der Nahrung ausschließt:

Thier.	Gewicht am Anfange des Versuchs.	Fütterungsmaterial täglich.	Dauer des Versuchs bis zum Tode.	Gewicht am Ende des Versuchs.	Beobachter.
Hammel.	52 Pfd.	12—20 Lth. Zucker in Wasser.	20 Tage.	31 Pfd.	Macaire und Marcet.
Gans.	6 Pfd. 2 Lth.	Zucker.	22 »	4 Pfd. 16 Lth.	Tiedemann und Gmelin.
desgl.	8½ Pfd.	Stärkemehl.	27 »	6¼ Pfd.	
desgl.	5 Pfd. 24 Lth.	Gummi.	16 »	4 Pfd. 24 Lth.	

Hunde, welche allein mit stickstofflosen Substanzen, wie Zucker, Gummi, Butter und Olivenöl gefüttert werden, ertrugen diese Kost die erste Woche recht gut (weil für Respirationmittel, siehe unten, gesorgt war), magerten dann aber auffallend ab und starben endlich verhungert am Ende der 5ten oder 6sten Woche, d. h. etwas später, als wenn sie gar keine Nahrung empfangen hätten. — Diese Stoffe, die Proteinverbindungen und Leimstoffe, können daher allein als Nahrungsmittel

Digitized by Google

im bestimmten Sinne des Wortes, d. h. als Ersatzmittel für den bei der Thätigkeit des Körpers verbrauchten Stoff angesehen werden.

Wenn man es dahin bringt, daß die Temperatur eines lebenden Thierkörpers bedeutend unter den gesetzmäßigen Grad herabsinkt, so ist dadurch das Leben des Thieres vernichtet oder doch seine Gesundheit wesentlich gestört. Mit anderen Worten, die gesunde Thätigkeit des Thieres und seiner Organe kann nicht bestehen, wenn nicht in dem Körper ein jeder Thierart eigenthümlicher, bestimmter Grad von Wärme erhalten wird.

Als allgemeinste und wesentlichste Ursache der Wärmeerzeugung kennen wir auf unserer Erde nur den Verbrennungsproceß, d. h. die Verbindung brennbarer Elemente, z. B. des Kohlenstoffs und Wasserstoffs mit dem Sauerstoff oder einigen anderen verhältnißmäßig wenig in der Natur vorkommenden Stoffen, z. B. dem Chlor. Genaue Experimente belehren uns, daß die Menge der erzeugten Wärme jedesmal genau gemessen wird durch die Menge des verbrauchten Sauerstoffs, und daß es dabei ganz gleichgültig ist, ob die Verbindung so rasch vor sich geht, daß zugleich Lichterscheinungen, im gemeinen Leben Feuer genannt, auftreten, oder ob die Verbindung eine ganz langsame ist. Ja in vielen Fällen wird das Resultat selbst dadurch nicht verändert, daß der Sauerstoff oder der brennbare Stoff, oder beide vorher schon mit anderen Stoffen in Verbindung waren, aus welcher sie erst während des Verbrennungsprocesses heraustreten.

Durch einen solchen langsamen Verbrennungsproceß wird nun auch die Wärme des thierischen Körpers erhalten, indem der beim Athmen aus der atmosphärischen Luft aufgenommene Sauerstoff sich mit dem in gewissen Körperbestandtheilen vorhandenen Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlensäure und Wasser verbindet. Die Kohlensäure wird größtentheils und ebenfalls ein großer Theil des Wassers beim Ausathmen durch die Lungen aus dem Körper ausgeschieden, ein anderer Theil des Wassers und ein geringer Theil von Kohlensäure verdunstet durch die Haut; der Rest endlich wird durch Urin und Koth abgeführt. Natürlich bedarf nun der thierische Körper auch einer beständigen Zuführung von Substanzen, die brennbare Elemente enthalten. Von den allgemein verbreiteten Elementen sind Kohlenstoff und Wasserstoff außerordentlich leicht verbrennlich, dagegen ist der Stickstoff äußerst schwer verbrennlich und überträgt diese Eigenschaft auch auf alle Verbindungen, in welche er eingeht. Zu dem Brennmaterial im obigen Sinne eignen sich daher auch vorzugsweise die kohlen- und wasserstoffreichen, aber stickstoffreinen Substanzen, wie z. B. die Fette, die Stärkemehle, Gummi- und Zuckerarten. Neben der Zufuhr von Nahrungsmitteln im oben erwähnten Sinne des Wortes bedarf daher der thierische Körper auch des beständigen Ersatzes der Brennstoffe, welche durch die

Digitized by Google

Respiration verzehrt werden und deshalb von Liebig äußerst treffend Respirationsmittel genannt sind. Thiere, die allein mit stickstoffhaltigen Körpern, mit Proteinverbindungen gefüttert wurden, verhungerten fast ebenso schnell als bei der Ernährung mit stickstofffreien Substanzen. Eine Gans, die in hinreichender Menge täglich gehacktes Eiweiß und Quarzsand erhielt und beim Beginn des Versuchs 8 Pfund 2 Loth wog, starb nach 46 Tagen, als ihr Gewicht bis auf $4\frac{1}{2}$ Pfund gesunken war. — Ganz dasselbe findet bei Hunden Statt. Die Sache erklärt sich einfach dadurch, daß der Stickstoff nicht allein vom Körper ausgeschieden werden kann, sondern nur in seiner Verbindung mit Kohlenstoff als Harnstoff oder Harnsäure. Deshalb bleibt zu wenig Kohlenstoff für die Verbrennungsprocesse übrig, und der Körper muß das Fehlende aus seinen eigenen Bestandtheilen ersetzen.

Was im gemeinen Leben Nahrung heißt, besteht also aus zwei Classen von Stoffen, welche eine durchaus verschiedene Beziehung zu der Ernährung des Körpers haben und sich gegenseitig in keiner Weise ersetzen können.

Ohne diese Betrachtung und die darauf begründete Eintheilung der Stoffe zu Grunde zu legen, kann an eine irgend brauchbare und wirklich erklärende Untersuchung der Ernährung gar nicht gedacht werden. Erst durch diese Ansicht ist es möglich geworden, noch in anderer Weise verschiedene Gesichtspunkte für die Beurtheilung der Ernährungsverhältnisse des Thieres aufzustellen. Es ergiebt sich nämlich aus der Anwendung dieser Ansichten auf die verschiedenen Lebensweisen der Thiere, daß es gar keine allgemeine auf alle Thiere und alle Lebensweisen anwendbare Theorie der Ernährung geben könne. Schon im gemeinen Leben unterscheiden wir die Thiere als Fleischfresser und Pflanzenfresser, und wer nur entfernt mit der chemischen Natur des Fleisches und der Pflanzenstoffe bekannt ist, muß einsehen, daß der Ernährungsproceß bei beiden unmöglich derselbe sein könne. Nicht minder tritt die Lebensweise des Säuglings, des wachsenden Thieres und des erwachsenen aus einander, und beträchtliche Unterschiede müssen bei dem stark arbeitenden und dem nur zur Mastung fressenden Thiere vortreten. Die nachfolgenden Untersuchungen können daher nur nach Anleitung der eben erwähnten Gesichtspunkte getrennt hingestellt werden. Jede einzelne Seite oder jeder einzelne Abschnitt der Ernährung wird dann dort seine Erläuterung finden, wo er am auffallendsten hervortritt.

A. Die Ernährung des naturgemäß lebenden erwachsenen Thieres.

§. 125. Das nicht unter der Herrschaft des Menschen lebende Thier nimmt niemals eine größere Menge von Speisen auf, als gerade hinreicht, um das

Digitized by Google

Bedürfniß des Körpers zu befriedigen. Schon oben ist erwähnt, auf welchem Wege die zu Kohlensäure und Wasser verbrannten Elemente ausgeschieden werden. Bei der Thätigkeit der Organe werden die stickstoffhaltigen Bestandtheile in der Weise chemisch zersetzt, daß zwei Classen von neuen Verbindungen daraus hervorgehen; die einen enthalten immer sämmtlichen Stickstoff mit geringen Mengen von Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff, während die anderen mit völliger Ausschließung des Stickstoffs den übrigen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten. Zu den stickstoffhaltigen Bestandtheilen gehört vorzugsweise Harnstoff, Harnsäure und Hippursäure, zu den anderen Milchsäure, vielleicht einige Fette und andere nicht genügend bekannte Stoffe.

Die ersteren, die stickstoffhaltigen Verbindungen, werden nebst den gleichzeitig unbrauchbar gewordenen unorganischen Bestandtheilen, hauptsächlich durch den Urin abgeführt; die anderen dagegen werden wieder in die Circulation aufgenommen und dienen noch als Brennmaterial. Aus den in den Magen aufgenommenen Nahrungsmitteln, so weit dieselben auflöslich und daher für die Einführung in den Körper tauglich sind, werden dann an stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Bestandtheilen, sowie an unorganischen solche Mengen aufgesogen, daß dadurch der erlittene Verlust vollständig ersetzt wird. Die unauflöslichen und nicht aufgesogenen Mengen werden dann als Koth ausgeschieden.

Als verhältnißmäßig sehr untergeordnete Verluste wären dann hier noch die Abnutzungen der Klauen, Haare und Oberhaut, sowie die nicht wieder aufgesogenen und daher mit dem Koth ausgeschiedenen Absonderungen des Speisecanals, wie des Speichels, der Gallenbestandtheile und des Darmschleims zur Vervollständigung der Rechnung aufzuführen. Das Resultat des Ganzen ist, daß das naturgemäß lebende, erwachsene Thier in keiner angebbaren Weise, sowohl bezüglich seines Totalgewichts als des Gewichts seiner Bestandtheile schwerer oder leichter wird. Die folgenden Tabellen mit ihren Erläuterungen können dies näher veranschaulichen.

Valentin hat sehr vollständige Untersuchungen über die Ernährung eines Pferdes angestellt. Das Thier war eine gesunde 4jährige Stute. Sie wog 855 Pfund und nach 10 Tagen ganz gleichförmiger Diät 845 Pfund, ein Gewichtsunterschied, der nicht in Betracht kommen kann, da er schon durch eine einmalige Kothentleerung ausgeglichen wird. — Die tägliche Nahrungsaufnahme und die täglichen Ausscheidungen in Zollpfunden, berechnet, zeigt die folgende Tabelle.

Digitized by Google

Einnahme in Zollpfunden zu 500 Grammen.

Bestandtheile.	Wasser.	Heu.	Hafer.	Summe.
Wasser	59,97	2,33	0,48	62,79
Verbrennliche Stoffe .	—	16,46	3,39	16,85
Asche	0,03	1,20	1,12	1,36
Summe	60	20	4	84

Ausgabe in Zollpfunden.

Bestandtheile.	Koth.	Urin.	Summe.	Ausdunstung durch Haut und Lunge.
Wasser	28,06	9,22	37,29	25,50
Verbrennliche Stoffe .	5,69	0,41	6,10	13,75
Asche	0,58	0,36	0,94	0,41
Summe	34,13	10,0	44.33	39,66
			84	

Fragen wir nach den Elementen der Nahrungsmittel und der Excremente, so giebt darauf die folgende nach Bouſſingaults Unterſuchungen berechnete Tabelle, für die Ernährung des Pferdes und der Kuh, den beſten Aufſchluß, wobei zu bemerken, daß wir, um hier nicht zu weitläufig zu werden, die kleineren Bruchtheile weggelaſſen haben, weshalb die Summen der einzelnen Poſten mit der angegebenen ganzen Summe nicht vollſtändig übereinſtimmen.

Tabelle I.

Ernährung des Pferdes in 24 Stunden in Zollpfunden.

Bestandtheile.	Wasser.	Heu.	Hafer.	Summe.
Wasser	31,97	2,07	0,68	34,73
Kohlenstoff	—	5,92	1,95	7,87
Wasserstoff	—	0,64	0,25	0,89
Sauerstoff	—	5,00	1,41	6,41
Stickstoff	—	0,19	0,08	0,20
Asche	0,03	1,16	0,15	1,34
Summe	32,00	15,00	4,54	51,54

Digitized by Google

Bestandtheile.	Koth.	Urin.	Summe.	Ausdunstung durch Haut und Lungen.
Wasser	21,43	2,04	23,50	11,22
Kohlenstoff	2,73	0,21	2,94	4,93
Wasserstoff	0,36	0,03	0,38	0,51
Sauerstoff	2,65	0,07	2,72	3,69
Stickstoff	0,15	0,07	0,23	0,05
Asche	1,15	0,22	1,37	—
Summe	28,30	2,66	31,16	20,38

Tabelle II.

Ernährung der Kuh in 24 Stunden in Zollpfunden.

Bestandtheile.	Wasser.	Kartoffeln.	Grummet.	Summe.
Wasser	119,90	21,66	2,37	143,93
Kohlenstoff	—	3,678	5,94	9,62
Wasserstoff	—	0,48	0,70	1,19
Sauerstoff	—	3,66	4,41	8,47
Stickstoff	—	0,10	0,30	0,40
Asche	0,10	0,41	1,26	1,78
Summe	120,00	30,00	15,00	165,00

Bestandtheile.	Milch	Koth.	Urin.	Summe.	Ausdunstung durch Haut und Lunge.
Wasser	14,77	48,82	14,48	78,00	65,85
Kohlenstoff . . .	1,25	3,42	0,52	5,20	4,42
Wasserstoff . . .	0,19	0,41	0,03	0,66	0,52
Sauerstoff . . .	0,64	3,01	0,50	4,16	3,90
Stickstoff . .	0,09	0,18	0,07	0,35	0,05
Asche	0,11	0,96	0,76	1,84	—
Summe	17,07	56,82	16,40	90,30	74,70

Digitized by Google

Einige interessante Resultate, welche wir aus den vorstehenden Tabellen ziehen können, sind:

1) Daß vom sämmtlichen mit der Nahrung aufgenommenen Wasser beim Pferde etwa $^1/_3$, bei der Kuh fast die Hälfte durch Haut und Lungen verdunstet.

2) Daß von dem aufgenommenen Kohlenstoff beim Pferde $^5/_8$, bei der Kuh über $^4/_9$, also durchschnittlich die Hälfte allein durch die Ausdunstung, und zwar wahrscheinlich größtentheils durch die Lungen beim Athmen ausgeschieden wird.

3) Der Koth enthält zwar einen bedeutenden Antheil von Stoffen, welche nicht als unverdaute Nahrung angesehen werden können, nämlich die nicht wieder aufgesogenen Bestandtheile des Speichels, der Galle, des Magen- und Darmschleimes; dagegen bestehen Ausdunstung und Urin allein aus zersetzten Körperbestandtheilen. Gleichwohl beträgt die Menge der durch den Koth wieder ausgeschiedenen Stoffe mit Ausschluß des Wassers beim Pferde nach Valentin nur etwas weniger als $^1/_3$, nach Bousſingault etwas mehr als $^1/_3$ der aufgenommenen trockenen Stoffe.

In Bezug auf die unorganischen Bestandtheile füge ich hier noch folgende Tabelle hinzu, welche die Ernährungsverhältnisse in Bezug auf dieselben beim Pferde enthält.

Danach enthalten beim Pferde in Zollpfunden:

Bestandtheile.	Nahrungsmittel.	Koth.	Urin.	Andere Absonderungen und Ernährung.
Kalkerde	0,2783	0,0817	0,0698	+ 0,1268
Talkerde	0,3430	0,0311	0,0039	+ 0,0080
Kieselsäure	0,3796	0,3228	0,0104	+ 0,0464
Schwefelsäure . . .	0,0649	0,0061	0,0187	+ 0,0401
Chlor	0,0301.	0,0131	0,0147	+ 0,0023
Phosphorsäure an Erden gebunden .	0,1283	0,0089	0,0075	+ 0,1119
Phosphorsäure an Alkalien gebunden und und kohlensaure Alkalien	0,4356	0,2336	0,2546	— 0,0526
Organische Stoffe . .	19,8520	6,8260	0,4346	+ 12,5914
Wasser	62,7882	33,6766	9,6858	+ 19,4258

Digitized by Google

Nur auf ein Resultat will ich hier aufmerksam machen, welches sich aus dieser Tabelle ergiebt, daß nämlich durch den Koth fast sämmtliche Erden (nämlich 0,4356 gegen 0,0841 im Urin), dagegen durch den Urin eine bei weitem größere Menge auflösliche Salze ausgeschieden werden.

Aus dem oben gegebenen allgemeinen Umriß müssen wir nun noch einige Verhältnisse hervorheben, um sie genauer kennen zu lernen.

a. Der Athmungsproceß.

§. 126. Früher sind wir ausschließlich auf den Mechanismus des Athmens eingegangen, in soweit es die Aufnahme und Ausstoßung der atmosphärischen Luft und im Allgemeinen die Verschiedenheit der eingenommenen und ausgehauchten Luft betraf. Das Wesentliche des ganzen Athmungsprocesses beruht aber in dem Verbrennungsproceß, und dieser findet keineswegs in den Lungen Statt. Wenn wir in passender Weise das Blut untersuchen, welches aus der rechten Herzkammer in die Lungen geführt wird, und welches im Wesentlichen dasselbe ist, welches in den Blutadern fließt, so finden wir stets einen bedeutend größern Antheil von Kohlensäure und einen geringeren von Sauerstoff in demselben, als in dem von den Lungen zum Herzen strömenden Blute. Die quantitative Bestimmung dieser Gasarten ist indeß noch nicht mit Sicherheit gelungen. Ein Theil der Kohlensäure aus dem Blutaderblut hat sich in den Lungen gegen atmosphärischen Sauerstoff ausgetauscht. Dabei ist zu bemerken, daß die in der ausgehauchten Kohlensäure enthaltene Menge von Sauerstoff etwas weniger beträgt als der aufgenommene Sauerstoff, indem wahrscheinlich dieser Ueberschuß auf das ausgehauchte Wasser zu rechnen ist.

Natürlich hängt die Menge des ausgeathmeten Kohlenstoffes wesentlich von der in verschiedenen Zeiten so sehr verschiedenen Schnelligkeit des Athmens und vom Ernährungszustande des Thieres ab. Daher sind alle bestimmten Angaben darüber stets nur als annäherungsweise richtige Werthe anzusehen.

Beim Menschen enthält die ausgeathmete Luft im Mittel:

	Kohlensäure	Sauerstoff	Stickstoff
Raumtheile	4,380	16,033	79,587.

Die atmosphärische, also eingeathmete dagegen im Mittel:
23,001 Sauerstoff, 77,999 Stickstoff und etwa 0,002 Kohlensäure.

Die Angaben über den Kohlenstoffverbrauch beim Athmen sind zur Zeit noch sehr mangelhaft. Nach Bouſſingault verliert ein Pferd in 24 Stunden 158 Loth, nach Liebig ein erwachsener Mann 27 Loth. — Nach Müller verlieren auf 100 Grammen Körpergewicht in 24

Digitized by Google

Stunden die Schleihe	0,024	Gramm	Kohlenstoff	= 1
der Frosch	0,087	»	»	= 4
der Mensch	0,292	»	»	= 12
die Taube	2,742	»	»	=114.

Das von den Lungen kommende Blut bleibt sich im Wesentlichen in seinem ganzen Verlauf durch die Schlagadern gleich. Das Verschwinden des in die Lungen aufgenommenen Sauerstoffs und das Auftreten der Kohlensäure als Verbrennungsproduct fällt daher in das System der Haargefäße, welche zwischen die Schlag- und Blutadern eingeschoben sind. Hier haben wir also den Sitz des Verbrennungsprocesses zu untersuchen, und da überhaupt jeder Theil des Körpers, der ernährt werden soll, sein eigenthümliches Haargefäßsystem besitzt, so ist der Verbrennungsproceß und somit die Wärmebildung auch ziemlich gleichförmig im ganzen Thierkörper verbreitet. — Sehr ungewiß sind wir zur Zeit noch darüber, in welchem Zustande sich Sauerstoff und Kohlensäure im Blute befinden, und in welcher Weise der Austausch dieser Gasarten in den Haargefäßen, endlich auf welche Weise in den Geweben der eigentliche Verbrennungsproceß vor sich geht. — Nur in Bezug auf den ersten Punkt können wir Folgendes wahrscheinlich machen. — Ein Theil, wenigstens der Kohlensäure, befindet sich in der Blutflüssigkeit einfach im absorbirten Zustande, denn alle Beobachter stimmen darin überein, daß sich aus dem Blutaderblute sowohl durch die Luftpumpe, als durch Hineinleiten einer anderen Gasart, z. B. von Wasserstoff, eine nicht unbeträchtliche Menge von Kohlensäure entwickeln lasse. Der Sauerstoff dagegen ist wahrscheinlich, wenigstens zum größeren Theil, chemisch mit den Blutkörperchen verbunden; denn die Versuche zeigen, daß die Blutflüssigkeit selbst äußerst wenig Sauerstoff aufnimmt, daß dagegen die Blutkörperchen schnell Sauerstoffgas absorbiren. — Da sie dabei eine wesentliche Farbenveränderung erleiden, da der Farbstoff des Blutes Eisen enthält, so erinnert Liebig dabei mit Recht an die leichte Veränderlichkeit der Eisensalze, und namentlich wie leicht (sauerstoffreiches) Eisenoxyd, in (kohlensäurereiches) Eisenoxydul und umgekehrt übergeführt werden kann.

b. Das Verhältniß der organischen und unorganischen Substanzen beim Ernährungsproceß.

Schon aus der Betrachtung des Athmungsprocesses und der übrigen Absonderungen, im Verhältniß zur Nahrung, ergiebt sich nicht nur die große Verschiedenheit der aufgenommenen und ausgeschiedenen Stoffe im Allgemeinen, sondern es zeigt sich auch, daß sie selbst nach den beiden großen Hauptclassen der organischen und unorganischen Stoffe ihre Verhält- §. 127.

niſſe geändert haben; daß der Verbrennungsproceß, den wir Athem nennen, die organiſchen Stoffe, welche er ergreift, in unorganiſche, nämlich in Kohlenſäure, Waſſer und kohlenſaures Ammoniak umwandelt, verſteht ſich von ſelbſt, aber wahrſcheinlich geht ſelbſt bei der Zerſetzung der ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheile des Körpers ein Theil fortwährend in ſolche unorganiſche Subſtanzen über, wenigſtens enthält die ausgeathmete und durch die Haut ausgedunſtete Luft kohlenſaures Ammoniak, deſſen Stickſtoffgehalt aus keiner andern Quelle ſtammen kann, und die obigen Tabellen zeigen, daß faſt $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ alles Stickſtoffs durch die Ausdunſtung abgeführt wird.

Wenn wir die ſämmtliche Nahrung eines Thieres, ſowie ſeine ſämmtlichen Excremente nach ihrem Gehalt als trockene organiſche Subſtanz berechnen, ſo zeigt ſich, daß weit mehr als die Hälfte an organiſcher Subſtanz verloren geht und in unorganiſche Subſtanz übergeführt wird. Die folgende Tabelle ſetzt dies für Pferd, Kuh, Schwein und Taube außer allen Zweifel.

Es enthält

	Beſtandtheile.	Die tägliche Nahrung.	Die täglichen Ausſcheidungen.	Der Verluſt durch Athmung und Ausdunſtung.
Beim Pferd nach nach Valentin in Zollpfunden.	Waſſer	62,79	37,29	
	Verbrennliche Stoffe	16,85	6,10	13,75 = 88%
	Aſche	1,35	0,94	
Beim Pferd nach Bouſſingault in Zollpfunden.	Waſſer	34,73	23,60	
	Verbrennliche Stoffe	15,45	6,27	9,18 = 59%
	Aſche	1,34	1,37	
Bei der Kuh nach Bouſſingault in Zollpfunden.	Waſſer	143,93	63,30	
	Verbrennliche Stoffe	19,68	8,14	11,54 = 58%
	Aſche	1,78	1,74	
Beim Schwein nach Bouſſingault in preuß. Pfund.	Verbrennliche Stoffe	3,96	1,28	2,68 = 67%
Bei der Taube nach Bouſſingault in Grammen.	Verbrennliche Stoffe	13,56	3,55	10,66 = 78%

Ganz beſonders wichtig wird dieſer Punkt bei der Beurtheilung der Lehre vom Dünger. Denn wenn wir bedenken, daß die organiſche Sub-

Digitized by Google

stanz in den Excrementen der Thiere, durch den Sauerstoff der Atmosphäre außerordentlich schnell zersetzt, d. h. in Kohlensäure, Wasser und kohlensaures Ammoniak übergeführt wird, so wird man zu dem Schluß kommen, daß der auf das Feld gebrachte Dünger, zwar noch den größten Theil der unverbrennlichen unorganischen Bestandtheile enthalten wird, welche in den von den Thieren aufgenommenen Nahrungsmitteln vorhanden waren, daß aber die organischen Bestandtheile bis auf weniger als die Hälfte vermindert sein müssen.

c. Ueber die inneren Vorgänge der Ernährung.

§. 128. Mit wenigen Ausnahmen bleibt uns für die Untersuchung der Ernährung zur Zeit nichts Anderes übrig, als an der Grenze des Körpers nach Maaß und Gewicht die Ausfuhr und Einfuhr zu controliren, und auch hierbei müssen wir uns fast ganz auf das Verhältniß der Elementarstoffe beschränken, und von den näheren Bestandtheilen größtentheils absehen. In dieser Beziehung läßt sich aber dann auch ein solcher Grad der Genauigkeit erreichen, daß man sehr sichere Mittelwerthe gewinnt. Die im Innern des Körpers vorgehenden Processe werden aber eben dadurch für eine theoretisch wissenschaftliche Betrachtung so unzugänglich, daß wir sie wohl qualitativ, aber nicht quantitativ verfolgen können. So enthält z. B. nach Berzelius ein stark angestrengter Muskel einem bei weitem größeren Gehalt an freier Milchsäure als ein ruhender Muskel. Wir können aber nicht bestimmen, wie viel Milchsäure hier bei der jedesmaligen Thätigkeit erzeugt, wie viel stickstoffhaltige Substanzen des Muskels bei der Thätigkeit wahrscheinlich zersetzt werden, und in welchem quantitativen Verhältniß die Zersetzung zur größern oder geringeren Thätigkeit des Muskels steht.

In ähnlicher Weise sind uns selbst die Mengen der verschiedenen Absonderungsstoffe, als des Speichels, des Schleims, der Galle, welche sich den aufgenommenen Nahrungsmitteln bei ihrem Durchgang durch den Speisecanal beimischen, unbekannt, und dadurch schon erhalten die meisten der Ernährung angehörenden einzelnen Vorgänge im Innern für uns etwas sehr Dunkles und Unbestimmtes.

Der Speichel wirkt nicht nur im Körper, sondern selbst außerhalb des Körpers auf Stärkekleister in der Weise ein, daß derselbe in Stärkegummi und Zucker umgewandelt wird. Eine leicht mit Salzsäure angesäuerte Flüssigkeit macht bei einer Temperatur von 30 Grad dünne Scheiben von hartgekochtem Eiweiß, oder gekochte Fleischfasern erst durchsichtig, und löst sie dann allmälig auf. Außerordentlich schnell aber geschieht diese Auflösung, wenn man dem sauren Wasser auch nur eine geringe

Digitized by Google

Menge des eigenthümlichen Stoffes zusetzt, welcher von den Magendrüsen abgesondert wird. Da der Magen nun fortwährend, sobald er gefüllt ist, aus dem Blute, welches seine Schleimhaut durchströmt, auch freie Säuren, namentlich Milchsäure und wahrscheinlich auch Salzsäure absondert, so sind wir berechtigt, anzunehmen, daß die Verdauung, d. h. die Auflösung und Aufsaugung der Proteinbestandtheile im Magen stattfindet, die Verdauung des Stärkemehls und Gummis dagegen durch die Einwirkung des Mundspeichels eingeleitet, aber erst im Dünndarm durch die Beimischung des Bauchspeichels aus der so außerordentlich großen Bauchspeicheldrüse vollendet wird.

Für die Richtigkeit dieser Ansicht spricht vorzüglich auch die außerordentliche Größe und Entwicklung der Speicheldrüsen bei den Pflanzenfressern, und ihre außerordentliche Kleinheit bei den Fleischfressern.

Es bliebe also nur noch zu untersuchen, wo und wie die fettigen Bestandtheile der Nahrung vom Körper aufgenommen werden. Nun zeigt uns die mikroskopische Untersuchung während der Verdauung nur in einem Theile, hier aber auch in großer Menge, Fetttröpfchen, nämlich in den vom Dünndarm entspringenden Lymphgefäßen. Daraus läßt sich schließen, daß im Dünndarm die Verdauung der Fettsubstanzen stattfindet. Man hat dabei der Galle, zumal wegen ihres großen Gehaltes an alkalischen Salzen, eine wesentliche Rolle zugeschrieben, aber, wie schon im zweiten Bande (Seite 171) dieses Werkes angedeutet, ist die chemische Untersuchung der Galle noch keineswegs als abgeschlossen zu betrachten, und lange nicht genügend, uns hier vollständige Aufklärung zu gewähren. Die Untersuchung des Kothes zeigt uns verhältnißmäßig nur geringe Quantitäten von Gallenbestandtheilen, aber wir können so durchaus nicht die Mengen der im gesunden Zustande abgesonderten Galle beurtheilen, daß wir auch hieraus nichts ableiten können. Gleichwohl giebt die Größe dieses Organes durch alle Thierclassen, die eigenthümlichen Beziehungen, in welchen dieses Organ zum Blute steht, uns eine Andeutung, daß die Galle entweder eine sehr wesentliche Rolle bei der Ernährung spiele oder dazu bestimmt sein müsse, irgend einen wesentlichen Excretionsstoff aus dem Körper zu entfernen. Man findet bei der sehr verschiedenen Größe der Leber, bei den einzelnen Thierklassen doch keineswegs einen entschiedenen Gegensatz in dieser Beziehung zwischen den Fleischfressern und Pflanzenfressern. So z. B. haben Pferd, Esel und Schwein im Verhältniß zur Körpergröße die größte Leber; das Rindvieh, zumal aber Schaf und Ziegen, die kleinste, während sie bei Hund und Katze die Mitte hält.

Nach Liebig enthält die Galle vorzugsweise die kohlenstoffreicheren Zersetzungsproducte der Körperbestandtheile, und ist also eigentlich ein reiner Ausscheidungsstoff, der aber nur zum geringeren Theile auf unmit-

Digitized by Google

telbarem Wege durch den Darmcanal ausgeleert, zum größeren Theile aber wieder ins Blut aufgenommen wird, um als Brennstoff zu dienen. Damit würde es sehr gut übereinstimmen, daß nach der neuern Beobachtung von Blondlot und Andern, man durch eine Operation an Hunden sämmtliche Galle gleich von der Leber nach außen leiten kann, so daß kein Theil derselben in den Darmcanal gelangt, ohne daß dadurch wenigstens für halbe Jahre lang die Ernährung oder sonst die Gesundheit des Thieres beeinträchtigt wird, indem natürlich das dadurch verloren gehende Brennmaterial anderweitig aus der Nahrung ersetzt wird.

Bei den aufgenommenen Nahrungsstoffen kennen wir noch folgende Veränderungen.

Alle stickstoffhaltigen Substanzen, namentlich die Proteinstoffe werden aufgelöst; dabei verliert der Faserstoff seine Eigenschaft, an der Luft zu gerinnen, das Eiweiß kann nicht mehr durch Kochen coagulirt werden. So reich die Lymphe der Milchgefäße des Darms an Proteinstoffen ist, so findet sich doch erst in dem Anfange des Milchbrustganges gerinnbares Eiweiß und erst höher hinauf ächter Faserstoff ein.

Stärkezucker, Stärkegummi und Milchzucker werden unmittelbar von den Blutgefäßen aufgenommen und hier umgewandelt. Rohrzucker und Stärke werden erst in Stärkezucker und Milchsäure verwandelt. Spritzt man eine Lösung von Rohrzucker in die Adern ein, so findet sich dieselbe unverändert im Urin wieder, er wird also nicht assimilirt.

Ebenso schwierig, wie die hier beispielsweise erörterten, inneren Verhältnisse der Ernährung, sind überhaupt alle auf Ernährung Bezug habenden Vorgänge, wenn wir statt der Beurtheilung der Verhältnisse der Elementarstoffe uns an das Verhältniß der näheren Bestandtheile wenden. Wenn wir bedenken, daß überall dem Austausch und der Ausscheidung der Flüssigkeiten im thierischen Körper die Durchdringung durch zarte Membranen oder die Endosmose zum Grunde liegt, so ergiebt sich daraus schon von selbst, daß die verschiedenen Flüssigkeiten des thierischen Körpers zwar überwiegend den einen oder den anderen Stoff enthalten können, im Grunde aber doch Gemische von sämmtlichen im Körper befindlichen auflöslichen Stoffen sein müssen, und in der That weist uns die fortschreitende Chemie mit ihren immer feineren Untersuchungsmethoden in allen Flüssigkeiten immer mehr und mehr die sämmtlichen Bestandtheile, wenn auch in noch so geringen Mengen, nach.

Zum Glück haben wir für die praktischen Zwecke, welche wir hier verfolgen, es zunächst nur mit der Abrechnung der Einnahme und Ausgabe zu thun, für welche eine sichere quantitative Bestimmung möglich ist. Da wo es uns aber darauf ankommt, in das Innere verändernd einzugreifen, müssen die wenigen Kenntnisse der qualitativen Verschiedenheiten,

Digitized by Google

welche in den nächsten Abschnitten noch zur Erörterung kommen werden, vorläufig genügen.

B. Verschiedenheit in der Ernährung der Fleischfresser und Pflanzenfresser.

§. 129. Zwischen den fleischfressenden und pflanzenfressenden Thieren findet ein wesentlicher Unterschied Statt, der sich selbst in ihren anatomischen Verhältnissen zu erkennen giebt. Auffallend ist schon die große Verschiedenheit im Zahnbau, welcher durch die starke Entwickelung der Spitzzähne bei den Fleischfressern und der Mahlzähne bei den Pflanzenfressern ihrer Nahrung angepaßt scheint. Bei den Pflanzenfressern sind die Speicheldrüsen sowohl des Mundes als der Bauchhöhle außerordentlich stark entwickelt; bei den Fleischfressern bleiben sie klein oder fehlen ganz. Die Verschiedenheit der Nahrung ist wenigstens im natürlichen Zustande der Thiere außerordentlich groß. Die jagdbaren Thiere, von deren Fleisch die Fleischfresser im wilden Zustande leben, enthalten bei ihrer natürlichen Bewegung nur wenig Fett. Es besteht daher die Nahrung fast ganz aus Proteinstoffen. Bei den Pflanzenfressern dagegen enthält die Nahrung verhältnißmäßig außerordentlich wenig stickstoffhaltige Bestandtheile, dagegen eine große Menge kohlen- und wasserstoffreiche Substanzen.

Es drängt sich daher natürlich die Frage auf, woher nehmen die Fleischfresser die Respirationsmittel, woher die Pflanzenfresser die Nahrungsmittel im engeren Sinne des Wortes. Die Antwort darauf finden wir leicht in der Lebensweise der Thiere. Die Fleischfresser essen selten, nur vom Hunger getrieben; ihr Körper ist fortwährend in einer angestrengten Bewegung. Sie trinken wenig, transpiriren wegen der eigenthümlichen Hautbeschaffenheit verhältnißmäßig wenig und verlieren daher auch ungleich weniger Wärme durch das verdunstende Wasser. Bei ihrem Athmen wird $^1/_5$ bis $^1/_2$ mehr Sauerstoff aufgenommen, als dem in der Kohlensäure ausgeschiedenen entspricht. Ihr Koth enthält weniger Stickstoff, ihr Urin wenig Harnsäure, also auch wenig Kohlenstoff, dagegen sehr viel stickstoffreichen Harnstoff. Der Harn ist klar und reagirt wegen der Menge der harnsauren, schwefelsauren und insbesondere der phosphorsauren Alkalien entschieden sauer.— Die Pflanzenfresser dagegen fressen ununterbrochen, ihr Leben theilt sich in Nahrungsaufnahme und Schlaf. Sie bewegen sich freiwillig nur langsam, transpiriren viel und stark, verlieren daher auch viel Wärme. Beim Athmen geht bis auf $^1/_{10}$ (und weniger) sämmtlicher aufgenommener Sauerstoff wieder als Kohlensäure fort. Ihr Urin ist trübe, reagirt alkalisch, enthält viele kohlensaure Alkalien, fast keine Phosphorsäure, dagegen kohlenstoffreiche Säuren, wie Benzoesäure oder Hippursäure.

Diese Erscheinungen lassen sich kurz so ausdrücken: Die Fleischfresser führen ein Leben mit vorherrschender Zersetzung der Körpersubstanz, aus deren Zersetzung sie erst die Respirationsmittel gewinnen, daher die Menge von Stickstoff, Phosphor und Schwefel im Urin, welche aus den zersetzten Proteinverbindungen stammen, und die geringere Menge von Kohlenstoff bei ihren Ausscheidungen, welcher zum Athmungsproceß verwendet ist.

Die Pflanzenfresser dagegen führen ein Leben mit vorherrschenden Respirationsprocessen; daher das außerordentliche Nahrungsbedürfniß, um aus den an Proteinstoffen armen Nahrungsmitteln den nöthigen Ersatz für die zersetzten Körperbestandtheile zu sammeln, daher das Vorherrschen des Kohlenstoffs in ihrem Urin, das Zurücktreten des Stickstoffs, Phosphors und Schwefels.

Bei den Pflanzenfressern macht sich dann noch der Unterschied unter den Wiederkäuern und den Nichtwiederkäuern geltend. Die anatomischen Unterschiede zwischen beiden, sowie die Unterschiede bei der Nahrungsaufnahme und Verdauung sind schon erwähnt. Hinsichtlich der Nahrung tritt bei den natürlich Lebenden annäherungsweise derselbe Unterschied ein, wie bei den Hausthieren aus diesen beiden Classen. Die nicht Wiederkäuenden, wie die Pferde, suchen sich bei stärkerer Muskelthätigkeit vorzugsweise Körnernahrung, welche einen größeren Gehalt an Proteinverbindungen hat und ein geringeres Volumen einnimmt, was ihrem kleineren Magen und ihrem kürzeren Darmcanal entspricht. Die Wiederkäuer dagegen, Rindvieh und Schaafe, sind vorzugsweise auf Gras und Kräuter und die verhältnißmäßig sehr geringe Bewegung auf der Weide angewiesen. Ihre Nahrung ist bei Armuth an Proteinstoffen sehr voluminös, was dem großen Umfang des Vormagens und der äußerst langsamen Verarbeitung in dem langen Darmcanale entspricht.

Zwischen beiden Classen der Fleisch- und Pflanzenfresser gleichsam in der Mitte steht die Classe der Allesfressenden, wozu von Natur unter unseren Hausthieren das Schwein und in Folge der allmäligen Gewöhnung auch der ursprünglich fleischfressende Hund, bei weitem weniger aber die Katze gehört. Das Eigenthümliche dieser Thiere besteht darin, daß sie nach Umständen mit den Nahrungsmitteln wechseln können, sich aber bei gemischter Nahrung am wohlsten befinden. Je nachdem sie längere Zeit ausschließlich von vegetabilischer oder thierischer Nahrung leben, zeigen sie in ihren Producten und Excrementen, ja selbst in ihrer ganzen Lebensweise auch die Eigenthümlichkeiten der Pflanzenfresser oder der Fleischfresser. Die Milch des Hundes enthält bei Fleischnahrung, wie die aller Fleischfresser, keinen Milchzucker; derselbe tritt aber sogleich auf, sowie er vegetabilische Nahrungsmittel, z. B. Brot erhält.

Digitized by Google

C. Verschiedenheit der Ernährung nach verschiedenen Zwecken.

§. 130. Die verschiedenen bei der Landwirthschaft vorkommenden Ernährungszwecke sind, wenn man zunächst von der Wollproduction absieht, für deren speciellen Zusammenhang mit der Ernährung wir keine bestimmten wissenschaftlichen Thatsachen haben, nur folgende vier: Ernährung zur Arbeit, zur Mastung, zur Aufzucht und zur Milchwirthschaft. Die Regeln der zweckmäßigen Ernährung für diese verschiedenen Resultate können wir leicht aus dem Vorigen ableiten.

a. Ernährung des Arbeitsviehes.

§. 131. Der Hauptgesichtspunkt ist hier, daß bei der größeren körperlichen Thätigkeit auch größere Mengen von Körperbestandtheilen abgenutzt werden, für welche Ersatz in der Nahrung geleistet werden muß. Andererseits ist zu berücksichtigen, daß wenigstens bei den wiederkäuenden Thieren und in geringem Grade bei den nicht wiederkäuenden durch die angestrengtere Thätigkeit die Zeit für langsame, naturgemäße Verdauung verkürzt wird. Daher erfordert ein arbeitendes Thier immer eine Nahrung, welche in geringerem Volumen eine größere Menge von Nahrungsstoff und überhaupt eine absolut größere Menge von Proteinverbindungen enthält.

Wie auffallend die Unterschiede hier sind, zeigt uns eine vergleichende Untersuchung des Urins beim Pferde während des Winters, wo es unthätig ist, und während des Sommers, wo es stark arbeitet. Im Winter enthält der Urin kaum nachweisbare Spuren von Phosphorsäure, im Sommer dagegen nicht unbeträchtliche Mengen, welche aus dem Phosphorgehalt der zersetzten Proteinverbindungen stammen.

b. Die Ernährung des Mastviehes.

§. 132. Beim Mästen des Viehes müssen wir zweierlei wesentlich unterscheiden, die Production von vielem und gutem Fleisch, und die Production von bloßem Fett. Das Letztere ist nur eine eigenthümliche Form des Ernährungsprocesses, das Erstere dagegen zugleich ein organischer Bildungsproceß.

Bei der gesunden Thätigkeit der Muskeln wird die einzelne Muskelfaser an sich besser genährt, und es vermehrt sich in jedem einzelnen Muskel die Zahl der Muskelfasern. Dies Letztere scheint aber vorzugsweise nur dann einzutreten, wenn das Thier zur Zeit noch nicht seine vollständige Ausbildung erreicht hat. Bei sehr starker Anstrengung der Muskeln wird

Digitized by

die einzelne Muskelfaser außerordentlich derbe und zähe und es vermehrt sich die Anzahl der sehnigen Fasern. Auffallend zeigt sich dieser Unterschied sogleich, wenn wir das Fleisch aus den Schenkeln der Schwimmvögel mit dem Fleisch aus den Schenkeln der fast immer laufenden hühnerartigen Vögel vergleichen. Zur Bildung eines reichlichen und guten Fleisches gehört nun aber auch eine reichliche und gute Nahrung. Unter den günstigsten Bedingungen vermehrt sich dann einerseits die Zahl der Muskelfasern, andererseits lagert sich aber auch zwischen den einzelnen Muskelfasern Fett ab, welches die Muskelfasern weich und saftig erhält. Zur Erzielung reichlichen und guten Fleisches ist daher nothwendig, daß das Thier von Jugend auf zu diesem Zweck bestimmt, durch mäßige Bewegung, am besten durch starken Weidegang in gesunder Thätigkeit erhalten und dabei reichlich mit gutem Futter versehen werde. In Bezug auf die Güte des Futters fehlt es uns hier leider noch an genügenden Untersuchungen. Bekannt ist, daß die ausgezeichnetsten Mastochsen für Deutschland auf den sogenannten Quellerwiesen Ostfrieslands und überhaupt der Nordseeküste gezogen werden. Das hier so außerordentlich vortheilhaft wirkende Quellergras besteht aber aus sehr niedrigen Kräutern, die, nach ihrer Verwandtschaft zu urtheilen, keinen großen Anspruch auf die Berücksichtigung des Landmanns haben würden, nämlich vorzugsweise aus Plantago maritima, Triglochin maritimum und Poa maritima. — Es liegt in der Natur des Thieres und seiner organischen Entwickelung, daß die Production eines ausgezeichneten Fleisches bei strenger Stallfütterung und besonders, wenn das Thier schon mehrere Jahre angestrengt gearbeitet hat, absolut unmöglich ist. In wiefern aber die Production des besten Fleisches in dieser oder jener Gegend für den Landmann ökonomisch vortheilhaft sei, das zu untersuchen, ist hier nicht unsere Aufgabe.

§. 133. Eine ganz andere Aufgabe als das Feistmachen oder die Production des besten Fleisches, ist das bloße Fettmachen des Thieres. Bei einigermaßen bedeutender Thätigkeit des Körpers lagert sich in demselben nur an wenigen Stellen, z. B. in den Augenhöhlen, eine gewisse Menge Fett ab, welches man als normalen Bestandtheil des Körpers ansehen kann. Es verschwindet das in der Nahrung enthaltene Fett vollständig während des Ernährungsprocesses, indem sich nur geringe Mengen desselben in den Excrementen wiederfinden. Es muß also zu Kohlensäure und Wasser verbrannt sein. Bei dem verhungernden Thiere wird mit Ausnahme des normalen Fettgehalts das Fett von allen Körperbestandtheilen zuerst angegriffen und verschwindet. Es scheint daher das Fett der für das Respirationsbedürfniß günstigste Stoff zu sein. In den dem Pflanzenreich entlehnten Nahrungsmitteln kommen nun allerdings Fettsubstanzen vor; aber eines Theils in verhältnißmäßig geringer Menge, anderen Theils sind die

Digitized by Google

im thierischen Körper vorkommenden Fettarten nicht dieselben wie die in den Pflanzen vorkommenden. Sie können deshalb auch keineswegs unmittelbar aus dem Pflanzenreiche aufgenommen worden sein. Es ist daher unter den Chemikern lange Zeit ein Streit gewesen, woher das Fett abzuleiten sei, indem die einen dasselbe ausschließlich von den Fettsubstanzen der Nahrungsmittel ableiteten, die anderen dagegen behaupteten, daß die stärkemehl- und zuckerähnlichen Stoffe durch Austreten von Sauerstoff in Fett umgewandelt würden. Thatsachen der Erfahrung sind, daß Gänse mit absolut durch Aether entfettetem Mais gefüttert, eine beträchtliche Menge Fett ansetzen, daß Bienen ausschließlich mit Zucker oder Honig gefüttert, fortfahren, Wachs zu bilden. Aber nicht minder gewiß ist es, daß die Quantität des producirten Fettes bei den Thieren wächst, je fettreicher die angewendeten Nahrungsmittel sind. Es bleibt daher zwar soviel gewiß, daß Fette aus stärkemehlartigen Substanzen im Körper entstehen können, daß aber diese Bildung des Fettes mindestens schneller und reichlicher erfolgt, wenn gleichzeitig wirkliche Fette in den Nahrungsmitteln vorhanden sind. Aus dem Vorgetragenen ergeben sich für die Fettproduction folgende Regeln: Die Thätigkeit des Thieres muß auf den möglichst geringen Grad herabgebracht werden, um soviel wie möglich die Consumtion des Fettes durch den Athmungsproceß zu verhindern, und dabei muß eine Nahrung gegeben werden, welche in einem nur erfahrungsmäßig auszumittelnden Verhältnisse an stärkemehlartigen Stoffen und Fett reich ist.

Wird die Bewegung des Thieres durch enges Einsperren so gut wie vollständig aufgehoben und wird dabei vielleicht noch eine übermäßige Nahrungsaufnahme erzwungen, so tritt ein eigenthümlicher Krankheitszustand ein, der in gewissen Fällen sogar beabsichtigt werden kann. Liebig hat es überwiegend wahrscheinlich gemacht, daß die Leber vorzugsweise dazu bestimmt sei, die kohlenstoff- und wasserstoffreichen Bestandtheile, welche durch die Respiration nicht verzehrt werden können, aus dem Körper auszuscheiden. Wenn durch das oben angegebene unnatürliche Verfahren dieses Organ zu übermäßiger Thätigkeit angestrengt wird, so ist eine krankhafte Vergrößerung desselben sehr wahrscheinlich. Daß dieser Erfolg nun in der That eintritt bei dem Mästungsverfahren, welches die Straßburger Pastetenfabrikanten bei ihren Gänsen anwenden, spricht sehr für die Richtigkeit der Liebig'schen Ansicht.

c. Ernährung des Milchviehes.

§. 134. Die Benutzung der Milch im Großen geschieht in doppelter Weise, nämlich zur Bereitung der Butter, einer stickstofffreien Fettsubstanz, und des

Digitized by Google

Käses, einer stickstoffreichen Proteinverbindung. Beide Zwecke lassen sich ebenso wenig im höchsten Grade mit einander vereinigen, als es sich möglich machen läßt, die Quantität und Qualität dieser Stoffe im gleichen Maße zu steigern. Daß das unnatürliche Leben eines Thieres bei der Stallfütterung auch einen wesentlichen Einfluß auf den ganzen Ernährungsproceß haben müsse, kann nur ein unwissender Thor leugnen, und wer den Unterschied zwischen Butter und Käse des Weideviehes und des durch Stallfütterung erhaltenen Viehes nicht erkennt, muß gar keine oder traurig vernachlässigte Geschmacksnerven haben. Aber auch hier ist die Entscheidung, ob die Verfolgung des einen oder des andern der angegebenen Zwecke für den Landwirth ökonomisch am vortheilhaftesten sei, nur von localen Verhältnissen abhängig und nicht an diesem Orte zu geben. Als Regeln können wir hier nur Folgendes feststellen:

Zuerst müssen wir daran erinnern, daß beim Milchgewinn eine flüssige Ausscheidung aus dem Thierkörper, widernatürlich, nämlich über die natürliche Säugungszeit hinaus, verlängert wird. Quantitativ nimmt das Thier während der Milchbereitung immer eine größere Menge von Nahrungsmitteln und namentlich auch von Flüssigkeiten in Anspruch, als in dem Zustande, wo es weder Milch producirt, noch auch Bildungsstoff für das in der Bärmutter sich entwickelnde Junge zu bereiten, nöthig hat.

Die Güte der Producte hängt nothwendigerweise auf's Engste eines Theils mit der möglichst naturgemäßen Lebensweise, andern Theils mit der Güte der Nahrung zusammen. Die Extreme sind hier Stallfütterung mit Runkeln und anderen Wurzelgewächsen und Weidegang mit frischem Gras und gewürzigen Kräutern.

Die Vermehrung des Butter- oder Käsegehalts ergiebt sich schon aus der Natur dieser beiden Stoffe. Mangel an Bewegung und Uebermaß an stärkemehlartiger oder Fettnahrung wird aus den schon im vorigen Paragraphen entwickelten Gründen auf die Vermehrung der Butter von Einfluß sein; Bewegung und stickstoffreichere Nahrung ruft einen größeren Gehalt von Käsestoff in der Milch hervor.

d. Die Ernährung des Zuchtviehes.

Kein Nahrungsmittel wird so zweckmäßig gemischt sein, als die Milch, §. 135.
welche die Natur selbst für das saugende Thier bereitet. Das Wachsthum macht einen außerordentlich schnellen Stoffwechsel nöthig, aber in der Weise, daß die Einnahme immer die Ausgabe um ein Beträchtliches übersteigt. Der rasche Stoffwechsel erfordert eine gesteigerte Respirationsthätigkeit und gleichwohl darf diese nicht die Körperbestandtheile angreifen, so weit sie nicht beim Stoffwechsel ohnehin zersetzt werden. In der Nah-

Digitized by Google

rung für das saugende Thier müssen wir also Proteinverbindungen für die Weichtheile des Körpers, Kalksalze und Phosphorsäure für die Knochen, Alkalien für die thierischen Flüssigkeiten und die zweckmäßigsten Respirationsmittel finden. Diese sind aber in der That geliefert durch den Käsestoff, durch die Salze und die Butter der Milch.

Schon hier zeigt sich der Unterschied in der Ernährung der Fleisch- und Pflanzenfresser, indem die Milch der Fleischfresser kaseinreicher ist, die Milch der Pflanzenfresser dagegen neben der Butter noch einen zweiten stickstofffreien und kohlenstoffreichen Bestandtheil enthält, nämlich den Milchzucker (Dumas). Von Natur ist das saugende Thier auf die Muttermilch angewiesen, und zwar auf eine bestimmte, für die verschiedenen Thierarten verschiedene Zeit. Auch dabei kann es keinem Zweifel unterliegen, daß eine Entziehung der Milch vor dem, von der Natur bestimmten Zeitpunkt die normale Entwickelung des Thieres stören muß; dagegen weisen Erfahrungen nach, daß eine über die normale Zeit verlängerte Milchnahrung, besonders wenn sie mit zweckmäßig ausgesuchter anderer Nahrung verbunden ist, eine außerordentlich rasche und kräftige Entwickelung des jungen Thieres zur Folge hat. In Bezug auf die kräftige Entwickelung ist indeß wohl zu beachten, daß die Pflanzenfresser durch die Natur auf eine schwer verdauliche und voluminöse Nahrung angewiesen sind, oder mit anderen Worten, daß bei dem Thier, welches naturgemäß über die Zeit des Saugens hinaus ist, eine immer härtere und voluminösere Nahrung zu den nothwendigen Reizen gehört, durch welche die sämmtlichen Abtheilungen des Speisecanals zu ihrer gesunden Thätigkeit angeregt werden. Für die Fleischfresser tritt dieser Fall nicht ein, da das rohe Fleisch nahebei ebenso leicht zu verdauen ist, als die Milch.

Für die inneren Vorgänge ist noch zu bemerken, daß die Milch niemals unmittelbar von dem Magen und dem Darmcanal aufgesogen wird, vielmehr gerinnt sie, sowie sie in den Magen kommt (bei den Wiederkäuern unmittelbar in dem Labmagen) wegen der sauern Beschaffenheit des Magensaftes; erst der so gebildete Käse wird dann verdaut.

D. Ueber die Auswahl der Nahrungsmittel.

§. 136. Aus dem bisher Vorgetragenen wird soviel ersichtlich sein, daß ein und dieselbe Nahrung der Quantität und Qualität nach unmöglich den so verschiedenartigen Zwecken, die bei der thierischen Ernährung verfolgt werden können, entsprechen wird. Dazu kommt noch ein Anderes. Vergleichen wir die Zusammensetzung der verschiedenen Substanzen, welche als Nahrungsmittel für unsere Hausthiere dienen können, so finden wir, daß kein

Digitized by Google

einziges schon seinem chemischen Gehalt nach, auch nur in einem einzigen Falle allein als ausschließliches Nahrungsmittel genügen könne. Wir sind daher gezwungen, die Nahrungsmittel, wie es die Natur selbst macht, mit einander zu verbinden oder wechselnd auf einander folgen zu lassen. Da wir hier von den Fleischfressern, die als landwirthschaftliche Thiere von keiner Bedeutung sind, absehen dürfen, so haben wir allerdings für Pferd, Rind- und Schafvieh die einfache, bisher auch immer befolgte Anweisung der Natur, daß wir das aus verschiedenen Gräsern und Kräutern gemischte Heu, bei dem Pferde noch mit einem Zusatze von Körnern, als Normalnahrung ansehen können. Da sich aber bei unserm landwirthschaftlichen Betrieb im Großen das Heu in den meisten Fällen nicht in genügender Menge anschaffen läßt, oder doch die Production anderer Futtermaterialien, sei es von ökonomischer Seite, sei es in anderer Beziehung, vortheilhafter erscheint, so sind wir gezwungen, durch quantitative Abänderungen, sowie durch passende Verbindungen, ein Aequivalent der natürlichen Nahrung (den sogenannten Heuwerth) herzustellen.

Der empirische Weg, den man hierzu eingeschlagen hat, ist entweder sehr trügerisch oder unendlich weitläufig. Trügerisch insofern: wenn ich irgend ein Nahrungsmittel an die Stelle des Heues treten lasse, so werde ich durch die Erfahrung dahin geführt werden, von demselben genau soviel dem Thiere zu geben, daß die verabreichte Quantität gerade eine gleiche Menge von Proteinverbindungen enthält, als das Heu, an dessen Stelle sie tritt, weil sonst die Ernährung leiden würde; dann kann aber möglicher Weise in diesen Nahrungsmitteln, z. B. in der Kartoffel, eine ungleich größere Menge von Respirationsmitteln enthalten sein, als das Thier überhaupt verbrauchen kann, oder wenigstens für den bestimmten Zweck der Ernährung nöthig hat. Hier findet alsdann bei der Verabreichung des Aequivalentes eine offenbare Vergeudung werthvoller Nahrungssubstanz Statt. Dieser Verschwendung kann nun zwar vorgebeugt werden durch passende Verbindung zweier oder mehrerer Nahrungsmittel, deren sehr verschiedene Zusammensetzungen sich gegenseitig genau zur Zusammensetzung des Heues ausgleichen. Es ist aber leicht einzusehen, daß hier ganz endlose Versuchsreihen kaum je zu einem Abschluß führen würden.

Es bleibt daher für eine rationelle Ernährung nichts übrig, als auf chemischem Wege zu bestimmen, welche Quantitäten wesentlicher Bestandtheile in der für eine normale Ernährung hinreichenden Menge von Heu oder Hafer vorhanden sind, und danach aus den chemischen Analysen der anderen Nahrungsmittel die passenden Verbindungen und Mengenverhältnisse abzuleiten. Auf diese Weise wäre es allein möglich, eine rationelle, allen Anforderungen genügende Aequivalententafel für die Nahrungsmittel zu erhalten. Auch hier wäre recht eigentlich eine Aufgabe der land-

Digitized by Google

wirthschaftlichen Institute zu lösen gewesen; aber bis jetzt ist leider von ihnen auch nicht einmal ein Anfang dazu gemacht.

Die demnächst mitzutheilenden Tabellen können höchstens Anhaltspunkte für die Berechnung der Nahrungsäquivalente liefern, so weit es die bis jetzt angestellten Erfahrungen möglich machen. Zur Erläuterung sind aber zunächst zwei Fragen zu erörtern, nämlich die nach der Art der einzelnen Nahrungsbestandtheile und die nach ihrem gegenseitigen Verhältniß.

§. 137. 1. Aus den bisherigen Erörterungen ergiebt sich, daß für die gesunde Ernährung des Thieres die Nahrung 1) Proteinstoffe, 2) stärke- oder zuckerähnliche Stoffe, und 3) Fettstoffe enthalten müsse. Dazu kommen aber noch, als gerade so wesentliche Nahrungsmittel, die unorganischen Bestandtheile. Die unorganischen Salze des Knochens z. B. unterliegen ebenso gut der Abnutzung und der Ausscheidung, als die organischen Bestandtheile des Körpers. Sie müssen also nothwendig auch aus der Nahrung ersetzt werden, wenn der Körper bestehen soll. Alle Flüssigkeiten des thierischen Körpers enthalten als wesentliche Bestandtheile Alkalien, mit Schwefelsäure und Salzsäure verbunden. Als einen Bestandtheil, der durchaus nicht fehlen darf, ohne auffallende Störung der Gesundheit hervorzurufen, finden wir Eisen im Farbestoff des Blutes. Sehen wir nun auch zunächst von einigen untergeordneten Bestandtheilen, theils wegen ihrer geringen Menge, wie beim Fluor, theils weil wir ihre Bedeutung nicht kennen, ganz ab, so kommen zu den oben genannten Nahrungsstoffen doch noch als ganz unerläßlich Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chlor, Kali, Natron, Kalk und Eisen hinzu, welche bei der Auswahl der Nahrungsmittel ebenso sehr berücksichtigt werden müssen, als die organischen Bestandtheile.

§. 138. 2. So leicht wir aus den Bestandtheilen des Körpers ableiten können, welche Stoffe nothwendigerweise mit der Nahrung aufgenommen werden müssen, so schwer oder unmöglich ist es, zur Zeit, aus Mangel an sicheren Grundlagen, das Verhältniß unter den einzelnen Nahrungsbestandtheilen zu bestimmen. Es fehlt uns einerseits an Versuchen, welche uns darüber mit Sicherheit Aufschluß geben, welches eigentlich die richtige Quantität der Normal- oder natürlichen Nahrung für jedes Thier sei, andererseits fehlt es uns an genügenden chemischen Analysen dieser Normalnahrungsmittel, die ohnehin nur dann von Werth sein können, wenn sie die wirklich verabreichten Nahrungsmittel selbst betreffen, da leicht einzusehen ist, daß Heu und Heu in seiner Zusammensetzung sehr verschieden sein muß. Endlich bedürften wir noch einer wenigstens annäherungsweise richtigen Bestimmung über die durch den Darmcanal unverändert und unverdaut durchgehenden und daher im Koth sich wieder findenden Bestandtheile der Nahrungsmittel, wozu namentlich der Zellstoff, ein Theil der Stärkemehlkörner und unzerkleinerte und daher auch unverdaute Haferkörner und an-

Digitized by

dere Samen gehören. Hieraus entspringen jedenfalls die wesentlichsten Fehlerquellen, welche den folgenden Bestimmungen anhaften.

Berechnet man die Bouſſingault'schen Versuche über die Ernährung des Pferdes und der Milchkuh, bei welchen die Thiere in Monatsfrist nicht wesentlich leichter oder schwerer wurden, nimmt man dann nach Girardin den Gehalt des Pferdekoths zu 12,16%, des Kuhkoths zu 8,706% (des Schafes zu 16,26%) an unverdauter Holzfaser (Zellstoff) — zieht man für die in den unverdaut gebliebenen Zellen enthaltenen Proteinverbindungen beim Pferde 56 Grammen, bei der Kuh 75 Grammen für 24 Stunden ab, so erhält man als Resultat für die Zusammensetzung der normalen Nahrung bei diesen Thieren folgende Verhältnisse:

Es braucht täglich zur vollständigen Ernährung in Grammen

(500 Gramme = 1 Zollpfund.)

	Ein Pferd.	Eine Milchkuh.
Fett	345 (= 1,0)	244 (= 1,0)
Proteinverbindungen	862 (= 2,3 = 1,0)	1187 (= 5,0 = 1,0)
Kohlenhydrate . .	5082 (= 14,7 = 6,0)	6629 (= 23,0 = 5,5)
Phosphorsäure . .	60	41,62
Kalk	84	77,85
Kochsalz	19,4	25,57.

Die Kuh gab bei dieser Ernährung einen täglichen Ertrag von 8539 Grammen (circa 17 Zollpfund) Milch, und diese enthielt:

Proteinverbindungen und unlösliche Salze . .	3,6
Fettstoffe	4,0
Milchzucker und lösliche Salze	5,0
Wasser	87,4
	100,00

Danach könnte man nun leicht aus einer Tabelle die Nahrungsäquivalente mit Berücksichtigung der wesentlichsten 6 Nahrungsstoffe und der speciell bei der Ernährung zu erreichenden Zwecke berechnen. Als Beispiel gebe ich folgende Zahlen: Es sind enthalten in 100 Theilen

Digitized by Google

Nahrungsmittel im gewöhnlichen Zustand.	Wasser.	Fett.	Proteinverbindungen.	Phosphorsäure.	Kalk.	Kochsalz.
Heu	140,0	38,0	71,8	3,37	10,04	2,55
Kartoffeln . . .	759,0	0,8	23,1	1,09	0,17	0,43
Runkeln	878,0	1,0	13,1	0,46	0,54	0,66
Weizen	144,0	22,0	128,1	9,64	0,60	0,0 ?
Mais	130,0	82,0	102,5	5,51	0,14	Spuren
Hafer	208,0	44,0	111,6	4,73	0,17	0,11
Weizenstroh . . .	260,0	22,0	18,7	1,61	4,41	0,53
Haferstroh . . .	287,0	51,0	18,7	1,07	2,97	2,20
Kleeheu	210,0	40,0	131,2	4,63	18,08	2,61
Erbsen	86,0	20,0	240,0	9,03	3,03	0,05
Feldbohnen . . .	148,0	30,0	319,3	10,26	1,53	0,35
Gerste	139,0	3,4 ?	131,8	12,70	1,09	0,0 ?
Gerstenstroh . . .	109,4	22,0	17,0	1,69	3,98	0,30
Roggen	166,0	18,0	88,4	8,31	0,74	0,0
Roggenstroh . . .	187,0	22,0	15,2	1,12	2,65	0,17

Wie unsicher indeß die Anwendung solcher Tabellen ist, zeigt die Vergleichung mehrerer Analysen derselben Nahrungsstoffe unter einander, die, selbst wenn sie von demselben Chemiker nach derselben Methode ausgeführt sind, doch sehr wesentlich von einander abweichen, wenn die fraglichen Stoffe auf verschiedenem Boden von verschiedenen Spielarten derselben Pflanze gewonnen sind. So hat eigentlich das Wort »Weizen« streng genommen gar keine bestimmte Bedeutung für irgend eine landwirthschaftliche Betrachtung, sondern nur ein bestimmter Weizen, z. B. »Talaveraweizen im vierten Jahre der Düngung auf trockenem Kalkboden in warmer Lage nach Kopfklee gebaut.« In dieser Weise entsprechen die Worte einigermaßen einer quantitativ und qualitativ bestimmten Verbindung von Stoffen, während das bloße Wort »Weizen« völlig nichtssagend ist. — Folgende wenige Beispiele genügen, um dieses zu beweisen.

Weizen enthält in 100 Theilen:	im Maximum.	im Minimum.
Proteinstoffe	38,22	10,34
Wasser	15,48	4,2
Haferstroh in 100,000 Theilen Kochsalz . .	220,0	8,0
Erbsen in 100,000 Theilen Kochsalz . . .	14,0	5,0

Digitized by Google

	im Maximum.	im Minimum.
Asche von Weizen in 100 Theilen Phosphorsäure	62,8	46,02
Asche von Weizenstroh	9,2	13,78

Was sich daraus ergiebt, ist ganz einfach, daß anderweitig entlehnte Analysen und mittlere Zahlenwerthe wohl dazu dienen können, ein ungefähres Verhältniß anzugeben, was bei theoretischen Betrachtungen zu Grunde gelegt werden kann, daß aber bei wissenschaftlichen landwirthschaftlichen Versuchen, wenn sie irgend einige Bedeutung haben sollen, die chemische Analyse der wirklich benutzten oder gewonnenen Stoffe ganz unerläßlich ist, und daß selbst in der Praxis die Bestimmung des wirklichen Gehaltes der Nahrungsstoffe wenigstens in gewissen Fällen unerläßlich ist, um sichere Resultate zu gewinnen.

§. 139. Die Schwierigkeit, eine Aequivalenten-Tafel der thierischen Nahrungsmittel zu entwerfen, liegt aber nicht einmal allein in der Unsicherheit der Bestimmung des Gehaltes an wirklichen Nährstoffen, sondern ebenso sehr in anderweitigen physiologischen Verhältnissen. Wollte man dem Schnitter während der Ernte, oder dem Drescher, der an voluminöse Nahrung, an Speck, Käse, Mehlbrei und dergl. gewöhnt ist, auch das Doppelte an eigentlichen Nährstoffen im concentrirtesten Zustande reichen, so würde er sicher aus Mangel nicht der Nahrung, aber der Ernährung schnell seine Kräfte verlieren und abmagern. Die Ernährung hängt nämlich nicht allein von der Gegenwart der ernährenden Stoffe, sondern auch zweitens von der Thätigkeit der bei der Ernährung in Frage kommenden Organe ab. Die vortrefflichsten Nahrungsmittel helfen nichts, wenn sie der Magen und Darm nicht verdaut, wenn Harn und Lymphgefäße die verdaute Nahrung nicht aufnehmen, endlich wenn die Gewebtheile des thierischen Körpers, für deren Erhaltung sie bestimmt sind, sie nicht sich aneignen (assimiliren).

Alle diese Organe werden aber von Nerven beherrscht, ihre Thätigkeit hängt vom Reizzustand dieser Nerven ab, und wenn derselbe nicht der normale ist, so ist auch die Thätigkeit der Organe keine gesunde, die Ernährung im richtigen Maße fördernde. Der Reizzustand der Nerven wird nun bedingt durch die Einwirkung der Nährstoffe einerseits und durch die der Ernährung im engeren Sinne fremden Reizmittel andererseits. In der ersten Beziehung ist es hauptsächlich das Volumen der Nahrungsstoffe, welches den richtigen Grad der Reizung bedingt; aber physiologisch tritt dabei noch wieder ein wesentlicher Unterschied hervor, je nachdem die Vermehrung oder Verminderung des Volumens durch die größere oder geringere Wassermenge oder durch die größere oder geringere Menge an festen unverdaulichen Bestandtheilen bestimmt ist. So sind Körner und Stroh als Nahrungsmittel von wesentlich anderer Einwirkung auf die Wände

Digitized by Google

des Darmcanals als ein ganz gleiches Nahrungsäquivalent Runkeln oder Kartoffeln, obwohl die Volumina nahebei gleich sein können. Bei jenen ist es die Menge der unverdaulichen Pflanzenfaser, bei diesen die Menge des Wassers, welche das Volumen der Nahrung ausmacht.

Ganz anders ist es mit den eigentlichen Reizmitteln, welche, ohne selbst Nahrungsstoff zu sein, doch indem sie auf die Nerven wirken, die Thätigkeit der Organe erhöhen und so mittelbar die Ernährung wesentlich fördern können. — Im geringeren Grade geschieht dies schon dadurch, daß sie einen angenehmen Reiz auf die Geschmacks- und Geruchsnerven ausüben, und dadurch die Aufnahme einer größeren Menge des Nahrungsstoffes hervorrufen. In dieser Beziehung sind wir freilich so ziemlich unwissend über den Geschmack der Thiere, nur soviel läßt sich aus der Beobachtung derselben abnehmen, daß bis zu einem gewissen Grade die ätherischen Oele der Pflanzen und die mit denselben verbundenen Stoffe ebenso für die Thiere wie für die Menschen eine angenehm anregende Wirkung auf die Geschmacks- und Geruchsnerven ausüben; im Einzelnen können wir das aber beim Thier noch weniger verfolgen als beim Menschen, weil hier die verschiedene Stimmung der Nerven bei verschiedenen Individuen von so unberechenbarem Einfluß ist.

Wichtiger für die Ernährung ist jedenfalls noch der Reiz, den gewisse Substanzen auf die Nerven des Magens und des Darmcanals ausüben, und dieselben zu größerer Thätigkeit anregen. Aber auch hier sind wir mit unseren wissenschaftlichen Kenntnissen noch sehr zurück. Schon beim Menschen unterscheiden wir die beiden Einwirkungen dessen was wir Gewürz nennen, nämlich die Erregung der Geruchs- und Geschmacksnerven und die Reizung der Nerven des Magens und Darmcanals nicht genau; beim Thier ist das aber ganz unmöglich. Dazu kommt noch, daß manche Stoffe ebenso sehr nothwendige Nahrungsstoffe als kräftig wirkende Reizmittel sind, wozu ganz besonders das Kochsalz zu rechnen ist. Kurz alle die hier angedeuteten Verhältnisse sind der Art, daß wir wohl erkennen können, welchen wesentlichen Einfluß sie auf die Ernährung haben müssen, aber ohne daß wir zur Zeit im Stande wären, diesen Einfluß nach Maß und Gewicht zu bestimmen und auf bestimmte Gesetze zurückzuführen.

§. 140. Unterliegt nun, wie wir gesehen haben, die Aufstellung einer Nahrungsäquivalententafel nach theoretischen Grundsätzen ganz unendlichen Schwierigkeiten, so erfordert die Anfertigung einer solchen Tafel nach praktischen Erfahrungen nicht minder so große Vorsichtsmaßregeln und so sorgfältig geleitete Versuche, daß dieselben, so weit sie bis jetzt versucht worden sind, noch weit von einem einigermaßen befriedigenden Resultat entfernt bleiben.

Die Regeln für die Anstellung dieser Versuche sind leicht anzugeben.

Digitized by Google

Dieſelben müſſen in jeder Beziehung fortwährend unter die Controlle einer genügend genauen Waage geſtellt werden, indem alle annähernden Schätzungen bei ſolcher Angelegenheit durchaus nichtsſagend und zweideutig ſind. Die Verſuche müſſen lange genug (wenigſtens ein ganzes Jahr, wegen des unvermeidlichen Einfluſſes der verſchiedenen Jahreszeiten) fortgeſetzt werden. Es genügt weder das Experimentiren an Einer Thierart, noch bei einer und derſelben Lebensweiſe des Thieres; ſondern die Verſuche müſſen mit allen Thierarten und von jeder Art noch mit Thieren einiger ſehr verſchiedenen Racen, und zweitens mit Arbeitsvieh, Maſtvieh, Milchvieh u. ſ. w. beſonders angeſtellt werden. — Bei den Verſuchen iſt nicht nur auf die Quantität des Reſultats, auf die bloße Gewichtsvermehrung des Thieres ſelbſt oder ſeiner Producte, z. B. der Milch, ſondern auch ſorgfältig auf das allgemeine Befinden des Thieres und auf den Gehalt und die Güte der Producte zu achten. — Bei dem Uebergang von einer Nahrung zur andern iſt zwar der etwanige anfängliche Gewichtsunterſchied des Thieres zu beachten, aber keineswegs bei der Beurtheilung der Wirkung der Nahrung zu Grunde zu legen, vielmehr iſt das Anfangsgewicht eines Thieres immer erſt dann zu beſtimmen, wenn es ſchon einige Tage mit der neuen Nahrung gefüttert worden iſt. Beſonders bei den Wiederkäuern, welche niemals einen völlig geleerten Vormagen haben, verurſacht eine Veränderung in der Nahrung, wodurch zugleich das Volumen der Nahrung bedeutend verändert wird, einen nicht unbedeutenden Unterſchied in dem Gewicht des ganzen Thieres, der aber zunächſt mit der Ernährung ſelbſt und der Zuträglichkeit der gewählten Nahrungsſtoffe noch in gar keinem Zuſammenhange ſteht. — Dieſe und eine Menge anderer untergeordneter Vorſichtsmaßregeln ergeben ſich leicht aus allem bisher Vorgetragenen. Verſuchsreihen, die mit Berückſichtigung aller dieſer Vorſchriften angeſtellt und durchgeführt wären, haben wir aber zur Zeit noch gar keine, trotz der reich dotirten landwirthſchaftlichen Inſtitute, und alle praktiſchen Aequivalententafeln, die wir beſitzen, ſind daher, weil ſie auf höchſt unzulänglichen Verſuchen beruhen, von wenig Werth, was ſich ſchon einfach aus den alle erlaubten Schwankungen bei ſolchen Angaben überſteigenden Unterſchieden in den Beſtimmungen verſchiedener Landwirthe ergiebt.

Ich bin leider nicht im Stande, an dieſer Stelle mehr zu geben, als die vorſtehende Kritik des bisher Geltenden und die Anweiſungen, wie zu beſſeren Reſultaten zu gelangen iſt. Es iſt Sache der Landwirthe, die ſchon durch die großen Abweichungen zur Genüge dargethane Unzulänglichkeit der bisherigen Aequivalententafeln nach Anleitung der gegebenen Regeln zu verbeſſern oder dieſe Arbeit von ihren landwirthſchaftlichen Inſtituten mit Ernſt zu fordern.

Digitized by Google

Die nebenstehende Tabelle ist nun eine einfache Zusammenstellung der bisher aufgestellten wichtigeren Aequivalententafeln. Sie zeigt nur zu deutlich, in welchem traurigen Zustande die Lehre von den Nahrungsäquivalenten zur Zeit noch ist. Offenbar trägt hier die mangelhafte und unwissenschaftliche Art, wie die Versuche angestellt sind, die meiste Schuld an diesem ungenügenden Resultat. — Ich kann aber nicht unterlassen, zu bemerken, daß während die theoretischen Aequivalente von Bouſſingault und Freſenius unter einander und die theoretischen Aequivalente Bouſſingault's von den bei ihm durch sehr genaue und umsichtig angestellte Versuche ermittelten Aequivalenten nur verhältnißmäßig wenig abweichen, dagegen die Angaben der meisten landwirthschaftlichen Schriftsteller mit ihren sogenannten Erfahrungen auf eine Weise von einander abstehen, daß man wohl sieht, wie hierbei mehr in den Tag hineingerathen, als wirklich treu und umsichtig beobachtet ist. Unterschiede wie 150 zu 666 beim Roggenstroh, 150 zu 500 beim Weizenstroh, 220 zu 500 bei Runkelrüben, 150 zu 300 bei Kartoffeln, sind so, daß es eine Albernheit ist daraus ein Mittel zu nehmen, und daß nichts übrig bleibt, als solche erträumte nicht gefundene Resultate bei Seite zu legen und von Vorne anzufangen. Für die theoretischen, nach dem Stickstoffgehalt berechneten Aequivalente muß ich hier aber noch auf eine Fehlerquelle aufmerksam machen, deren Einfluß erst aus späteren Untersuchungen zu berechnen sein wird. Fast alle Pflanzensäfte enthalten Ammoniaksalze und der Stickstoff dieses Ammoniaks erscheint mit bei der Elementaranalyse ohne gleich wohl den geringsten Nahrungswerth zu haben. So sind die Nahrungsäquivalente nach dem Stickstoffgehalte alle, aber in sehr verschiedenem Verhältnisse, zu hoch. — Ich kann nur noch einmal wiederholen, ohne sorgfältige Wägungen und chemische Analysen, und ohne mit den nöthigen physiologischen Kenntnissen angestellte Versuche giebt es keine Erfahrung in der Landwirthschaft, sondern nur ein blindes Umhertappen.

Digitized by Google

Bezeichnung der Nahrungsmittel.	Wasser in 100
Roggen aus dem Elsaß von 1838	1
» » » » » 1836	1
Weizen	
Weizen aus dem Elsaß von 1836	1
» » » » » 1838	1
Derselbe Weizen in einem sehr stark gedüngten Boden geerntet	1
Weizenmehl aus dem Elsaß	1
Frische Kleie aus der Mühle aus dem Elsaß	3
Kleie aus den Militärmagazinen aus Paris	1
Weizenspreu	
Piemontesischer Reis	1
Reis	
Same von Madia sativa	
Oelkuchen eben davon	1
Leinölkuchen	1
Rapsölkuchen	1
Leindotterölkuchen	
Hanfölkuchen	
Mohnölkuchen	
Nußölkuchen	
Buchelölkuchen	
Erdnußölkuchen	
Trockne Eicheln	
An der Luft getrocknetes Traubenmark	4
Schminkbohnen	
Gewöhnliches Winter- und Sommerstroh	
Wickenstroh	
Erbsenstroh	
Klee, Luzerne, Esparsette, Gras	
Kopfkraut, Kraut und Kohlrübenblätter	
Krautstrünke	
Ueberkehr	
Spreu	
Trebern	
Branntweinspülich im Durchschnitt	
Unverdünnte Getreideschlempe	
» Kartoffelschlempe	
Gerstenstroh mit Klee durchwachsen	
Rübsenstroh	
Rübsenkappen	
Leinsamenspreu	
Kleesamenspreu	
Erbsen-, Haferspreu	
Roggen-, Gerstenspreu	
Samenkleestroh	
Grummet im Durchschnitt	

Digitized by Google

Schmalz.	Brieger.	v. Flotow, Makensen.	Kreyßig.	Haumann, Mirus.	Schweitzer.	Koppe.	Veit.	Hlubek (als angenommenes Mittel).
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	25	25	52	30	—	30	30½
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	160	—	150	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	50	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	43	50	60	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	150	—	—	—	—	—	—	—
200	100	100	250	200	167	183⅓	190 u. 180	75⅗ 66½
467	400	500	500	—	—	—	—	—
250	—	—	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	533	—	—	—
100	—	100	—	180	—	—	—	—
950	—	—	—	—	—	—	—	—
125	—	150, od. 1½ Sch.	—	—	v. 133⅓ Malz	v. 133⅓ Malz	300	—
300	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	200, od. 80 Quart	—	—	100	v. 100 Pfd. Getreide	v. 150 Pfd. Getreide	—
—	—	600, od. 240 Quart	—	—	400	v. 300 Pfd. Kartoffeln	v. 600 Pfd. Kartoffeln	—
—	—	—	—	—	167	—	—	—
—	—	—	—	—	200	400	400	—
—	—	—	—	—	193	—	200	—
—	—	—	—	—	127	—	130	—
—	—	—	—	—	133⅓	—	100	—
—	—	—	—	—	160	—	150	—
—	—	—	—	—	183	—	170	—
—	—	—	—	—	167	—	150	—
—	—	—	—	—	108	—	—	—
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Digitized by Google

Drittes Buch.

Die Theorie der Pflanzencultur.

Einleitung.

§. 141. Seit der Mensch anfing, die Hervorbringung bestimmter Pflanzen nicht mehr allein von der Natur zu erwarten, sondern durch eigene Thätigkeit eine für ihn vortheilhafte Erzeugung gewisser Pflanzen möglich zu machen, sammelte er auch nach und nach Beobachtungen über verschiedene Verfahrungsarten und verschiedene Erfolge. Man nannte das unbedenklich Erfahrungen, und aus der Sammlung, Vergleichung und Anordnung dieser sogenannten Erfahrungen bildete sich nach und nach eine sogenannte Theorie des Landbaues. Im Ganzen wurde durch solche Theorie wenig oder gar nichts geleistet. Viele und nicht gerade immer die minder einsichtsvollen Landwirthe haben sich bis in die neuesten Zeiten ein entschiedenes Mißtrauen gegen alle theoretische Begründung des Landbaus nicht ausreden lassen. In der That sind diese Männer in ihrer Weise ganz im Rechte. Es liegt der Fehler in dem groben Mißbrauch der Worte »Theorie und Erfahrung«, den sich selbst angeblich philosophisch gebildete landwirthschaftliche Schriftsteller zu Schulden kommen lassen. Es kann Niemandem einfallen, leugnen zu wollen, daß eine Theorie des Landbaues nur aus landwirthschaftlichen Erfahrungen hervorgehen, nur durch dieselben begründet werden könne. Wirkliche Erfahrungen sind aber gerade das, woran es uns in der Landwirthschaft fast ganz und gar fehlt. Eine Beobachtung einer vereinzelten Thatsache, eine Wahrnehmung zweier oder mehrerer, selbst in bestimmter Zeitfolge, ist nämlich durchaus keine Erfahrung, sondern eben nur eine Wahrnehmung, welche für sich nichts bedeutet, aus welcher für sich nichts folgt. Ein Mensch kann viel gesehen haben in

Digitized by Google

seinem Leben und doch am Ende desselben so einfältig und unerfahren sein, wie ein Kind, während ein anderer in einem scheinbar ereignißleeren Jahre die Erfahrungen eines gereiften Weisen erlangen kann. Wahrnehmung und Erfahrung, rohe gemeine Empirie und rationelle Beobachtung unterscheiden sich nämlich nicht durch die Art oder die Menge der Gegenstände, sondern nur durch die Art, wie wir sie geistig auffassen und verarbeiten, und es ist wohl möglich, an drei Gerstenpflanzen in einem Blumentopf Erfahrungen über die Pflanzencultur zu machen, die ein Anderer bei der Bearbeitung von 1000 Morgen in 50 Jahren nicht gemacht hat. Die Erfahrung in der Natur unterscheidet sich von der Wahrnehmung nämlich dadurch, daß ich mir bei einer Erscheinung ihrer naturgesetzlichen Nothwendigkeit bewußt werde, daß ich mir nicht nur ihren äußeren räumlichen oder zeitlichen Zusammenhang mit anderen Erscheinungen, sondern ihre innere Verbindung nach Ursache und Wirkung klar mache. Dazu gehört aber nicht nur geistige Thätigkeit, sondern auch ein reicher Schatz von Kenntnissen; ein Dummer und ein Unwissender sind gleich unfähig, Erfahrungen zu machen. Was wir daher zunächst unter Theorie der Pflanzencultur verstehen können, ist nur die Zusammenstellung derjenigen Kenntnisse, welche allein den intelligenten Landwirth in den Stand setzen können, wirkliche und brauchbare Erfahrungen zu machen und erst, wenn diese vielleicht nach Jahrhunderten in genügender Menge gesammelt sind, wird es möglich sein, eine Theorie der Landwirthschaft im eigentlichen Sinne des Wortes zu geben. Gegenwärtig müssen wir uns damit begnügen, durch gründliche naturwissenschaftliche, insbesondere chemische und physikalische Kenntnisse, landwirthschaftliche Erfahrungen mög-lich zu machen.

§. 142. Wenn man die Bücher über Landwirthschaft und Pflanzencultur durchstudirt und überall die Rede von Culturpflanzen im Gegensatz zu wildwachsenden findet, wenn man insbesondere bei den neueren Streitigkeiten über die Ernährung der Pflanzen häufig besonderen Werth darauf gelegt sieht, daß dasjenige, was für die wilden Pflanzen gelte, doch nicht seine Anwendung auf die Culturpflanzen zu finden brauche, so muß man allerdings auf's Höchste erstaunt sein, zu sehen, daß noch nie ein landwirthschaftlicher Schriftsteller oder Lehrer die Frage aufgeworfen, geschweige denn beantwortet hat, was Culturpflanzen seien, ob und wodurch sie sich von den wildwachsenden unterscheiden. Es versteht sich doch ganz von selbst, daß alle Gesetze, unter denen die wildwachsenden Pflanzen stehen, auch für die Culturpflanzen gelten, sobald nicht die Unanwendbarkeit der Gesetze auf die letzteren durch Unterschiede in der Natur beider Pflanzen nachgewiesen ist. Diese Oberflächlichkeit in der allerersten Grundlage ist denn auch von dem entschiedensten Einfluß auf alle folgenden Untersuchungen. Wissen

Digitized by Google

doch die meisten landwirthschaftlichen Schriftsteller nicht einmal zu sagen ob die Culturpflanzen unter günstigeren oder ungünstigeren Bedingungen als die wildwachsenden Pflanzen vegetiren. Wenn man über Pflanzencultur Untersuchungen mit irgend einiger Hoffnung auf Erfolg anstellen, wenn man irgend etwas Genügendes darüber sagen will, so ist eine gründliche Untersuchung der Frage: »was ist eine Culturpflanze und wodurch unterscheidet sie sich von den wildwachsenden?« der unvermeidliche Ausgangspunkt, ja es umfaßt diese Erörterung die wesentlichste Hälfte der ganzen Theorie der Pflanzencultur. Nächst der genauen Betrachtung der Pflanzen ist dann eine Untersuchung der menschlichen Thätigkeit, in so weit sie auf Hervorbringung der Culturpflanzen gerichtet ist, die Hauptaufgabe aller Theorie der Pflanzencultur.

§. 143. Wir müssen hier endlich noch einmal auf eine Verwirrung der Begriffe zurückkommen, welche sich, bald mehr bald weniger ausgesprochen, durch alle landwirthschaftlichen Theorien und Werke hindurchzieht: es ist die Vermengung der Frage nach dem Reinertrag mit der Frage, durch welche Mittel ist eine bestimmte Pflanze zu einem bestimmten Grade der Vollkommenheit zu bringen. Die Vermengung dieser beiden Fragen ist deshalb so nachtheilig, weil die erste Frage gar nicht allgemein beantwortet werden kann und deshalb nur durch großen Mißverstand zu einem Gegenstand der Lehre gemacht wird. Lernen kann der Mensch, unter welchen Bedingungen das Leben der Pflanze steht, welche von diesen Bedingungen er in seiner Gewalt hat, welche er erhöhen und erniedrigen kann, um bestimmte Erfolge zu erzielen; der Mensch kann rechnen lernen, um nach nach einem *gegebenen* Ansatz ein richtiges Facit zu erhalten; aber die Beurtheilung, ob unter gegebenen Verhältnissen an einem bestimmten Ort, zu einer bestimmten Zeit die zu erzielenden Erfolge, die darauf gewendete Thätigkeit wirklich lohnen werden, aus den unzähligen einzelnen Verhältnissen des Lebens diejenigen herauszufinden, welche von entscheidendem Einfluß sind und die daher in den *Ansatz* kommen müssen bei der Berechnung, das läßt sich nicht lernen, sondern ist für den Landwirth, wie für alle Berufskreise des Menschen überhaupt, ein angeborenes Talent, das Speculationstalent, welches ihm nicht gegeben, nicht genommen werden kann, welches er aber eines Theils und vorzugsweise durch reiche Lebenserfahrung, andern Theils durch Erwerbung der umfassendsten und gründlichsten theoretischen Kenntnisse ausbilden und entwickeln kann. Keine Schule hat jemals aus einem Dummkopf einen gescheidten Menschen, aus einem unbeholfenen und unpraktischen Träumer ein praktisches Talent gemacht; dem geborenen praktischen Talente aber kann die Schule die Kenntnisse geben, durch welche es das ebenfalls praktische Talent, das ohne Kenntniß bloß in der Erfahrung herumtappt, weit überflügelt.

Digitized by Google

Welche Culturmethode, welchen Gegenstand der Natur wir auch nennen mögen, es giebt keine, welche nicht an irgend einem Orte von entschiedenem pecuniären Vortheil, keine, welche nicht an einem anderen Orte entschieden unvortheilhaft wäre. Mit ungeheuern Kosten baut der Landmann in der Nähe von London Blumenkohl auf seinen Feldern unter Glasglocken, — mit einfacher Furche und ohne Düngung baut der Bauer im mittleren Rußland sein meist nur sechs- oder siebenfältig tragendes Getreide. Beide haben ihren entschiedenen pecuniären Gewinn. Wollten sie ihre Culturen vertauschen, so würde man Beide mit vollem Rechte in's Narrenhaus stecken. Eine kostbare Culturmethode kann an einem Ort wegen eines leicht zu erreichenden großen Marktes äußerst vortheilhaft sein, und schon eine halbe Stunde davon wegen eines nicht zu passirenden Flusses oder eines unwegsamen Gebirgsrückens völlig unanwendbar erscheinen. Die Anleitung der Pflanzencultur kann und soll nur angeben, was durch menschliche Thätigkeit, und durch welche Mittel es zu erreichen ist. Auf die Beurtheilung, ob es überhaupt vortheilhaft sei, diesen oder jenen Zweck zu erstreben, darauf soll sie sich nicht einlassen, weil sie es nicht kann, da es von Verhältnissen abhängig ist, die für jeden Fall, für jeden Ort und für jede Zeit andere sind.

Wenn wir in den vorigen Betrachtungen im Allgemeinen die Bedingungen des Pflanzenlebens und seine Erscheinungen entwickelt haben, so bleibt uns hier noch die Aufgabe: erstens die Anwendbarkeit der gefundenen Naturgesetze auf die Culturpflanzen insbesondere zu prüfen, andern Theils zu entwickelen, wie weit die Thätigkeit des Menschen, diese Naturgesetze für seine Zwecke zu beherrschen im Stande sei; darnach zerfällt unsere ganze nachfolgende Aufgabe 1) in die Betrachtung der Culturpflanzen und 2) in die Betrachtung der Culturmethoden.

Digitized by Google

Erſter Abſchnitt.

Die Culturpflanzen.

Erſtes Capitel.

Charakteriſtik der Culturpflanze.

§. 144. Wenn wir die Pflanzen, die wir auf unſeren Feldern und in unſeren Gärten ziehen, in naturhiſtoriſcher Hinſicht betrachten, ſo fällt uns zunächſt auf, daß ſie einer äußerſt kleinen Anzahl von Pflanzenarten und einer ſehr geringen Anzahl von Pflanzenfamilien angehören. Aus der vielleicht 10,000 Arten umfaſſenden Familie der Gräſer ſind es kaum 20 Arten, welche irgenöwo auf Erden im Großen cultivirt werden. Aus der Familie der Schmetterlingsblüthigen, ebenfalls eine der größten Familien, kommen vielleicht ein Dutzend Arten hinzu, ein halbes Dutzend aus der Familie der Kreuzblüthigen, ein paar Doldenpflanzen und ein paar aus der Gruppe der Gänſefußarten, und wir haben von den 300 Familien, von den 200,000 Pflanzenarten unſerer Erde Alles genannt, was im Großen cultivirt wird. Es muß ohne Zweifel etwas in der Natur dieſer Pflanzen liegen, was ſie vorzugsweiſe für die Culturzwecke geeignet erſcheinen läßt. Vielleicht iſt die folgende Betrachtung im Stande, uns den richtigen Geſichtspunkt anzudeuten.

Unſere Culturpflanzen zerfallen in 2 Gruppen: die eine Gruppe umfaßt ſolche, bei denen wir mit Sicherheit den wilden Zuſtand der Pflanze anzugeben nicht im Stande ſind. Unſere wichtigſten Getreidearten, die wir unter dem eigentlichen Namen der Cerealien zuſammenfaſſen, nämlich: Mais, Reiß, Weizen, Roggen, Gerſte und Hafer, ſind auf unſerer Erde ſeit undenklichen Zeiten Gegenſtand der Cultur. Die Geſchichte giebt uns nur den Uebergang der Cultur von einem Volk zum andern, aber nicht den Uebergang aus dem wilden Zuſtande in den cultivirten. Hier ſagt uns überall eine uralte Sage, daß ſie Geſchenke der

Götter seien. So viele Forscher bis jetzt Amerika durchzogen haben, keiner hat den Mais anders als verwildert angetroffen. Unsere europäischen Getreidearten stammen historisch sämmtlich aus dem Morgenlande, aber mit Sicherheit ist von keiner ihr ursprüngliches Vaterland nachgewiesen. Wo man sie im Morgenlande angeblich wild gefunden hat, geschah das in Gegenden, welche früher eine entschieden reiche Bevölkerung besaßen und unter Umständen, welche einen verwilderten Zustand viel wahrscheinlicher erscheinen lassen, als einen ursprünglichen. Geht bei uns zufällig eine unserer Getreidearten in Verwilderung über, so verliert sie zum großen Theil die Eigenschaften, welche sie uns als Culturpflanze wichtig machen. Wir haben hier also Pflanzen, deren wilde Originale von der Erde wahrscheinlich verschwunden sind, deren wilde Originale wahrscheinlich diejenigen Eigenschaften nicht besaßen, um derentwillen wir sie jetzt cultiviren.

§. 145. Die zweite Gruppe enthält solche Pflanzen, von denen wir zwar die wilden Originale noch kennen, welche aber in wesentlichen Eigenschaften und gerade in denen, durch welche sie für uns wichtig werden, ganz und gar von den wilden Stammpflanzen abweichen. Wie verschieden sind die Wurzeln unserer cultivirten Möhren, Rüben u. s. w. von den dürren, saftlosen, ungenießbaren Wurzeln der wilden Pflanze, aus denen sie entstanden sind. Welche Aehnlichkeit hat unser Blumenkohl, Wirsing, Weißkraut u. s. w. mit der dürftigen Pflanze der Brassica oleracea zwischen den Dünen der Nordseeküste, welche doch die Stammpflanze derselben ist. Die wilde Kartoffel auf Chiloë hat eine kleine grünliche, widerlich bitter schmeckende Knolle. Kurz, was die Pflanzen dieser Gruppe zu Culturpflanzen macht, sind Eigenthümlichkeiten, die ihnen im wilden Zustande nicht zukommen, und gerade diejenigen Pflanzen sind aus der großen Anzahl der irdischen Vegetation Culturpflanzen geworden, welche leicht solche Eigenthümlichkeiten annehmen. Wir können diese Thatsachen mit anderen Worten so ausdrücken: Das Charakteristische einer Culturpflanze besteht nicht in dem, wodurch sie als Pflanzenart bestimmt ist, sondern in dem, worin sie als Spielart von dem Artencharakter abweicht.

Wenn wir nun die Familien, aus denen wir unsere Culturpflanzen entlehnt haben, in dieser Rücksicht betrachten, so finden wir, daß es, und namentlich die Kreuzblüthigen, die Gänsefußpflanzen, die Nachtschatten und Gräser, solche Familien sind, deren Pflanzen vorzugsweise Geneigtheit zeigen, Spielarten zu bilden, bei denen daher die Bestimmung der Arten außerordentlich schwierig ist und große Umsicht erfordert.

§. 146. Wollen wir also das Eigenthümliche in der Natur unserer Nahrungspflanzen verstehen, so müssen wir uns genau mit der Entstehungsweise der Spielarten und Unterarten bekannt machen.

Wenn wir die Samen einer gefüllten rein goldgelben Georgine aus-

Digitized by Google

ſäen, ſo werden wir nur wenige Pflanzen erhalten, die gleiche Blumen tragen; die meiſten, vielleicht alle, werden in Farbe und Füllung von einander und von der Mutterpflanze abweichen. Da wir wiſſen, daß daſſelbe bei den Samen der folgenden Generationen ſtattfinden wird, ſo nennen wir dieſe Abweichungen Spielarten. Unſer Blumenkohl iſt urſprünglich eine Spielart der wilden Kohlpflanze. Wenn wir aber den Samen des Blumenkohls unter Berückſichtigung des paſſenden Bodens ausſäen, ſo erhalten wir lauter Blumenkohlpflanzen. Es iſt alſo eine durch den Samen ſich fortpflanzende Spielart, und eine ſolche nennen wir Unterart. Art könnten wir dann eine Spielart nennen, wenn ſie ohne Berückſichtigung des paſſenden Bodens unter allen Umſtänden durch den Samen ſich fortpflanzt. Hierbei iſt zu berückſichtigen, daß der Begriff der Art die wenigſten Merkmale umfaßt, mehr ſchon der Begriff der Unterart und am allermeiſten der Begriff der Spielart.

Gehen wir genauer auf Entſtehung der Spielarten ein, ſo zeigt uns die Erfahrung Folgendes: 1) an ein und demſelben Individuum entſtehen durch Veränderung ihrer Lebensbedingungen, durch Verpflanzung oder durch beſondere Düngemittel äußerſt ſelten Abänderungen, die nur einigermaßen von Bedeutung wären. Die ganze Pflanze entwickelt ſich kräftig oder weniger kräftig, aber ohne daß die Form und das Verhältniß der Theile dadurch verändert würde. Höchſtens treten einzelne Farbenveränderungen ein; die röthlich weißen Hortenſien werden blau durch den Einfluß eines beſonderen Bodens; die blaue Natterwurz wird roth durch die aus einem benachbarten Ameiſenhaufen ſich entwickelnde Ameiſenſäure; das Glanzgras, welches mit grünen Blättern an unſeren Bach- und Flußrändern wächſt, wird auf dürrem Standort zum Bandgras unſerer Gärten mit grün und gelb geſtreiften Blättern. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die durch Beſchneiden, Anbinden und dergl. äußere Gewaltthätigkeiten hervorgerufenen Veränderungen in dem äußeren Anſehen der Pflanzen nicht hierher gehören.

2) Ungleich bedeutender ſind ſchon die Veränderungen, welche ſich bei der Fortpflanzung oder Vermehrung der Gewächſe durch Knospenorgane zeigen und zwar nach zwei einflußreichen Verhältniſſen. Einmal treten um ſo leichter Verſchiedenheiten unter den durch Knospenorganen neu entſtandenen Individuen auf, je früher die Knospe von der Mutterpflanze getrennt wurde. Daher werden beim Oculiren die Augen leichter von dem Subject verändert, als beim Pfropfen das Pfropfreis. Sodann finden wir aber auch, daß die Veränderungen an den neuen Individuen bedeutender und mannichfaltiger werden, wenn die Vermehrung durch Knospenorgane eine freiwillige, in der Natur der Pflanze begründete iſt. So verändern ſich beſtimmte Kartoffelſorten immer mehr oder weniger, wenn ſie auf einen neuen Boden, oder in eine neue Lage gebracht werden, und unſere Erd-

Digitized by Google

beeren arten aus, wenn man ihnen erlaubt, sich durch Ausläufer zu vermehren und auszubreiten.

3) Am allerauffälligsten und mannichfaltigsten werden aber die Spielarten bei der Fortpflanzung durch Samen. Wenn unsere Gärtner irgend eine Zierpflanze in Form und Farbe *erhalten* wollen, so vermehren sie sie, wenn irgend möglich, durch Ableger und Stecklinge. *Neue* Formen und Farben der Georginen, Pelargonien, Calceolarien, Violaarten u. s. w. erzielen sie dagegen allein durch Samenzucht und Aussaat. Bei der Vermehrung der Pflanze durch die Samen erhalten sich mit Sicherheit nur die Merkmale, welche den *Artencharakter* bilden. Unter gewissen Umständen treten die Merkmale der *Unterart* wieder vor, aber äußerst selten und nur zufällig zeigen die aus Samen aufgegangenen Pflanzen den Charakter der *Spielart* wieder.

Indeß hat der Mensch eine gewisse Gewalt in dieser Beziehung über die Natur. Wenn man aus einer Reihe von Spielarten sich eine aussucht, den Samen derselben auf denselben Boden und unter gleichen Bedingungen aussäet, so werden sich immer einige unter den Sämlingen finden, welche wieder als dieselbe Spielart erscheinen. Sucht man unter ihnen die Pflanze aus, welche das Eigenthümliche der Spielart am deutlichsten zeigt, und nimmt von dieser Pflanze den Samen, so werden sich unter der neuen Generation schon eine größere Anzahl von Pflanzen mit dem Merkmale der bestimmten Spielart einfinden, und setzt man dieses Verfahren sorgfältig durch eine lange Reihe von Jahren fort, so werden endlich alle aus dem Samen aufgegangenen Exemplare die Merkmale der gewünschten Spielarten an sich tragen. Kurz es hat sich die Eigenthümlichkeit, welche anfänglich zufällig erschien, der Pflanze nach und nach so fest eingeprägt, daß aus der Spielart eine Unterart geworden ist. Es ist sehr wahrscheinlich, daß selbst in der Natur auf diese Weise, freilich im Verlauf von Jahrtausenden erst Unterarten und zuletzt neue Arten entstehen.

Es setzt aber dieses ganze Verfahren bis zur Bildung der Unterarten voraus, daß die Pflanzen immer denselben Boden und dieselben Culturbedingungen erhalten, welche zuerst die Bildung der Spielarten hervorriefen, und ebenso wie wir eine Unterart erzeugen, können wir dieselbe auch nach und nach durch Veränderung der Vegetationsverhältnisse wiederum auf den allgemeineren Charakter der Art zurück- oder in andere Unterarten überführen.

§. 147. Da uns hier zunächst die Culturpflanzen interessiren, so wird es nöthig sein, einen Ueberblick derjenigen Veränderungen uns zu verschaffen, durch welche sie sich als Culturpflanzen von ihren wilden Stammverwandten unterscheiden. Nicht die Pflanze als Art, sondern gerade diese Veränderung ist Zweck und Gegenstand der Cultur. Es ordnen sich diese Veränderungen

Digitized by Google

unter folgende drei Gesichtspunkte. Entweder bezwecken wir nur die natürliche, üppige Entwickelung gewisser Pflanzen, wie beim Wiesen-, Klee- und Forstbau. Dieser Gesichtspunkt interessirt uns hier zunächst nicht. Wichtig dagegen ist die Vergrößerung einzelner Theile oder die Abänderung des chemischen Processes in der Pflanze. Dies giebt uns folgende Culturzwecke:

A) Unnatürlich üppige Entwickelung einzelner Theile, und zwar:
   a) der Wurzeln . . Rüben,
   b) der Stengel . . Kohlrabi, Blumenkohl, Flachs und Hanf,
   c) der Blätter . . Kohl,
   d) der Knospen, insbesondere der unterirdischen . . Kartoffeln und Erdäpfel,
   e) der Früchte . . das Obst,
   f) der Samen . . Cerealien, Hülsengewächse und Oelpflanzen.

B) Die Abänderung des chemischen Processes in der Pflanze zur Vermehrung einzelner Bestandtheile, insbesondere:
   a) der Proteinverbindungen . . Cerealien, Hülsenfrüchte und Kohlpflanzen,
   b) der Stärke . . Kartoffeln, Cerealien, Hülsenfrüchte,
   c) des Zuckers . . Runkelrüben, Maisstengel,
   d) des Oels . . Oelgewächse. U. s. w.

Die Vergrößerung irgend eines Theils oder der ganzen Pflanze setzt aber voraus, daß in derselben mehr und in einer anderen Anordnung Nahrungsstoffe gebildet und assimilirt werden, und dieses ist immer wieder von Eigenthümlichkeiten des chemischen Processes in der ganzen Pflanze abhängig; so kommt im Wesentlichen doch am Ende Alles auf eine Abänderung des chemischen Processes der ganzen Pflanze an, und wenn wir uns über die Veränderungen an der Pflanze Rechenschaft geben wollen, müssen wir uns nach denjenigen Verhältnissen umsehen, welche eine Abänderung des chemischen Processes hervorrufen können.

§. 148. Zunächst kann uns zu unserem Zweck nur eine Vergleichung der wilden Natur in ihren einzelnen Theilen unter einander und eine Vergleichung jener mit dem Culturboden mit seinen Eigenschaften und Producten leiten, eine Untersuchung, welche zugleich ein interessantes Licht auf die Ernährung der Pflanzen und einige andere wichtige Punkte der Pflanzencultur, namentlich auf das Wesen des Düngers, zu werfen geeignet ist. Es ist hierbei aber durchaus nicht nöthig, alle die wunderbaren Eigenthümlichkeiten in der Vertheilung der Gewächse, alle die zahllosen Einzelheiten der Pflanzengeographie, alle die Mannichfaltigkeiten der verschiedenen Culturboden und ihrer Erträge einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Ich glaube im Gegentheil, daß man sich hier durch eine solche scheinbare

Digitized by Google

Gründlichkeit nur verwirren und sich den Ueberblick und das Auffassen der eigentlichen, entscheidenden Hauptpunkte unmöglich machen würde. Es kommt vielmehr nur darauf an, in der Natur ganz bestimmt charakterisirte Localitäten aufzufinden, bei denen keine Zweideutigkeit in der Beurtheilung möglich ist, diese zusammenzustellen und daraus Schlüsse zu ziehen.

Es giebt einen Boden, welcher außerordentlich reich, ja vielleicht der reichste an organischen Bestandtheilen ist, es ist der Torf- oder Moorboden. Dieser ernährt überall auf der Erde nur eine höchst dürftige Vegetation, und zwar dürftig in dreifacher Beziehung: Die Vegetation enthält nur eine sehr geringe Zahl von Pflanzenarten. Die Pflanzengestalten sind höchst einförmig und unveränderlich, und die sämmtlichen Pflanzen, die auf diesem Boden wachsen, sind für den Menschen so gut wie nutzlos.

Es giebt einen anderen Boden, der reich ist an organischer Substanz, ja oft bis zur Tiefe von 100 Fuß und darüber zum größeren Theil aus Humus besteht, es ist der Boden der tropischen Urwälder. Dieser nährt die üppigste Vegetation, die wir kennen. Gleich ausgezeichnet durch den Reichthum an Arten, durch die Mannichfaltigkeit der Formen und durch die Menge der dem Menschen nützlichen Gewächse.

Es giebt einen Boden, welcher kaum angebbare Spuren von Humus enthält, welche man nur den Rückständen der noch nicht vollständig verwesten Pflanzen zuschreiben kann, und welcher sich gleichwohl durch den Reichthum und die Ueppigkeit seiner Vegetation auszeichnet, wie z. B. der Boden aus verwitterter Lava und vulcanischer Asche hervorgegangen in der Nähe der Vulcane. Ja es giebt solche Bodenarten, die alljährlich in der Ernte ihrer Producte beraubt werden, die nie einen Ersatz durch Dünger erhalten haben und gleichwohl seit vielen Jahrhunderten ihre Fruchtbarkeit in unvermindertem Grade bewahrten, wie z. B. die auf Cuba zum Kaffee- und Indigobau benutzte Tierra colorada.

Es giebt aber auch humusleeren Boden, welcher von aller Vegetation entblößt ist, ja selbst unfähig ist, auch nur die allerdürftigste Vegetation zu tragen, wie z. B. der Flugsand in der großen nordafrikanischen Wüste, in der Sahara.

Wenn wir diese verschiedenen Bodenarten unter einander vergleichen, und nach der Ursache ihrer Fruchtbarkeit oder Unfruchtbarkeit forschen, so tritt uns ungesucht folgendes Resultat entgegen: Zunächst kann der Humus nicht der Grund der Fruchtbarkeit sein, denn wir finden auf dem humusreichsten Boden die dürftigste Vegetation, auf humusleerem eine üppige Entwickelung. Zweitens kann die Gegenwart des Wassers wenigstens nicht allein das Bedingende sein, denn wenn wir auch die Oede der Sandwüsten ihrem Wassermangel zuschreiben dürfen, so trägt Wassermangel doch sicher nicht die Schuld an dem trostlosen Anblick eines Torfmoors.

Digitized by Google

Fügen wir dem dürren Flugsande noch Wasser hinzu, wie in den märkischen Kieferhaiden, so bleibt doch immer die Vegetation eine einförmige und dürftige. Es bleibt uns also nur Eine Antwort auf unsere Frage: in dem humusleeren Boden kann nur der Reichthum an unorganischen Mineralbestandtheilen die Ueppigkeit bedingen, und gerade dieser Reichthum an unorganischen Bestandtheilen ist es auch, welcher den pflanzen- und humusreichen Boden der tropischen Urwälder von den pflanzenarmen, aber humusreichen Mooren unterscheidet. Es liegt in der Art und Weise, wie sich der Torfboden bildet, daß alle auflöslichen Mineralbestandtheile aus ihnen ausgelaugt und weggeführt werden, während sie sich in dem Boden der Urwälder in dem Maße anhäufen, daß erst viele Jahrhunderte fortgesetzte Tabacksernten im Stande gewesen sind, den Reichthum des nordamerikanischen Waldbodens an Alkalien zu erschöpfen.

§. 149. Stellen wir neben diese Betrachtung der wilden Natur noch eine gleiche Uebersicht unseres Culturbodens, so zeigt sich uns nur beim ersten flüchtigen Anblick die größere Ueppigkeit der Vegetation an einen größeren Humusreichthum gebunden. Sehen wir aber genauer zu, so finden wir auch hier Alles im Einklang mit dem oben gewonnenen Resultat. Stellen wir eine Reihe von Bodenanalysen zusammen, so giebt uns der erste Blick, daß die Fruchtbarkeit eines Bodens in keinem directen Verhältniß zu seinem Humusreichthum steht, dagegen zeigen uns dieselben Bodenanalysen, daß die Güte des Bodens genau gleichen Schritt hält mit seinem Reichthum an unorganischen Bestandtheilen, die in Wasser auflöslich sind oder doch durch fortgesetzte Einwirkungen der Kohlensäure auflöslich werden, und daß diese Auflösungen um so reicher und mannigfaltiger zusammengesetzt sind, je fruchtbarer der Boden ist.

§. 150. Wir können aber, um die gewonnenen Resultate vollständig zu sichern, uns noch auf einen anderen Standpunkt stellen, indem wir die Verhältnisse innerhalb eines bestimmten Florengebietes ins Auge fassen.

Eines der am meisten bekannten und am sorgfältigsten bearbeiteten Pflanzengebiete ist Deutschland. Nehmen wir eine gute Bearbeitung derselben, z. B. Kochs Synopsis der deutschen Flora zur Hand, so finden wir, daß die sämmtlichen Arten sich in zwei Classen theilen lassen, in solche, deren Formen äußerst einfach und constant sind, und solche, die einen Reichthum an auffallenden und scharf markirten Spielarten zeigen. Die letzteren sind mit kaum nennenswerthen Ausnahmen, entweder höhere Alpenpflanzen oder solche, die auf unserem Culturboden und in dessen Nähe, also unter dem Einflusse der Culturverhältnisse vegetiren. Am schlagendsten tritt dieser Unterschied hervor, wenn wir die Arten eines und desselben Geschlechtes mit einander vergleichen und finden, daß selbst nahe verwandte Pflanzenarten sich in dieser Beziehung ihrem natürlichen Standorte nach

Digitized by Google

unterscheiden. Nun ist es aber sicher nicht der Humusreichthum, welcher die mannichfachen Abänderungen bei den Alpenpflanzen hervorruft, und nicht der Mangel an Humus, welcher die Formenarmuth der übrigen wildwachsenden Pflanzen bedingt; die Alpenpflanzen wachsen in einem Boden, dem durch das herabrieselnde Wasser fortwährend die ganze Menge der Verwitterungsproducte von den höheren nackten Felsenkuppen zugeführt wird. Das Charakteristische für unsere Culturfelder ist aber ebenfalls, wie wir später sehen werden, nicht der größere Humusgehalt, sondern der Reichthum an auflöslichen Mineralbestandtheilen.

Wenn wir alles hier Berührte in ein Resultat zusammenziehen, so erhalten wir auf die Frage, was ist eine Culturpflanze? die Antwort:

Eine Pflanze, welche sich durch eigenthümliche Merkmale, in denen gerade ihre Culturwürdigkeit besteht, und die auf einem veränderten chemischen Proceß in der Pflanze beruhen, von den wildwachsenden Pflanzen derselben Art unterscheidet.

§. 151. Diese Erklärung der Culturpflanze begründet allerdings einen Unterschied unter den angebauten Pflanzen, indem wir die Culturpflanzen im engeren Sinne des Wortes, nämlich hauptsächlich die Cerealien und Hackfrüchte, von den bloß cultivirten Pflanzen, nämlich den Kleearten, Futtergräsern und den meisten Gespinnst- und Handelspflanzen, die ihre Natur durch die Cultur nicht wesentlich verändert haben, unterscheiden müssen. Da indessen, was für die Culturpflanzen im engeren Sinne gilt, auch auf die anderen angewendet werden kann, und da beide Classen, wie wir gleich sehen werden, als angebaute Pflanzen doch noch in einer sehr wichtigen Beziehung übereinkommen, so ist es unnöthig, diese Abtheilung weiter geltend zu machen.

Für die Culturpflanzen im engeren Sinne folgt aber soviel aus der obigen Erörterung, daß die Anwendbarkeit der für die Ernährung der wildwachsenden Pflanzen geltenden Gesetze, da sie gerade durch einen eigenthümlichen chemischen Proceß ausgezeichnet sind, erst einer besonderen Prüfung unterworfen werden muß.

Bei der Cultur der Pflanzen beabsichtigen wir nun zwar, so weit es die Culturpflanzen im engeren Sinne des Wortes betrifft, die Hervorbringung gewisser Eigenthümlichkeiten. Zugleich verfolgen wir aber auch bei der Cultur noch einen anderen Hauptzweck, welcher sich auf alle angebauten Pflanzen ohne Ausnahme erstreckt und sehr wesentliche Unterschiede zwischen ihnen und den wildwachsenden begründet. Wenn unsere Runkelrüben, Mohrrüben und Kohlarten auch in derselben Weise wild vorkämen, würden wir sie doch anbauen müssen, um dem zeit- und kostspieligen Einsammeln der zerstreuten Pflanzen zu entgehen. Eine wesentliche Eigenthümlichkeit der Pflanzencultur besteht darin, daß wir größere Flächen

Digitized by Google

Landes mit Einer Pflanzenart und mit möglichſter Ausſchließung jeder anderen bedecken, um dadurch die Ernte zu ſichern und zu erleichtern.

Dieſes Bedecken einer Fläche mit einer Pflanzenart, das Ausſchließen aller übrigen und die dazu nöthige Herrichtung des Bodens, hat nun für die Culturpflanzen eigenthümliche Folgen, wodurch ſie ſich ebenfalls weſentlich von den wildwachſenden unterſcheiden. Die meiſten Menſchen werden es als ſich von ſelbſt verſtehend anſehen, daß die Culturpflanzen in einer ungleich vortheilhafteren Lage ſind, als die wildwachſenden. Sehen wir aber von dem eigentlichen Gartenbau ab, ſo findet vielmehr gerade das Gegentheil Statt, und ein großer Theil unſerer Culturarbeiten hat gar keinen anderen Zweck, als die Nachtheile der Lage, in welche wir die Culturpflanze verſetzt haben, einigermaßen wieder auszugleichen. Um nur Eins zu erwähnen, ſo müſſen wir den Samen auf unſeren nackten Feldern allerdings durch die Egge oder Walze unterbringen, was auf dem benarbten wilden Boden völlig überflüſſig iſt. Dieſes Verhältniß iſt bisher lange nicht genügend berückſichtigt und richtig aufgefaßt worden.

Zweites Capitel.

Die Ernährung der Culturpflanzen.

§. 152. Wenn es auch von vornherein nicht wahrſcheinlich iſt, daß für die Ernährung der angebauten Pflanzen andere Naturgeſetze zur Geltung kommen als zur Ernährung der wildwachſenden, ſo dürfen wir uns doch, nach dem oben über die Culturpflanzen Geſagten, mit dieſer Wahrſcheinlichkeit nicht begnügen, ſondern ſtrenge den Beweis führen, daß die Culturpflanzen durchaus denſelben Geſetzen unterliegen wie die wilden, und wir müſſen hier um ſo ausführlicher ſein, als gerade für die Culturpflanzen noch immer von den landwirthſchaftlichen Lehrern Anſichten unterhalten werden, welche den oben in der Pflanzenphyſiologie entwickelten geradezu widerſprechen.

A. Allgemeine Betrachtung der Ernährung der Culturpflanzen.

§. 153. Wir gehen hier zunächſt von der freilich trivial ſcheinenden Bemerkung aus, daß nicht nur in Deutſchland Pflanzen cultivirt werden, ſondern daß Deutſchland einen faſt verſchwindend kleinen Theil des cultivirten Landes auf der Erde ausmacht. Wenn wir über die Cultur der Pflanzen ſpre-

chen wollen, müssen wir unsern Blick etwas ausdehnen und über die eigene Furche erheben, die unser Pflug gezogen. Was für die Culturpflanzen auf der Erde überhaupt gilt, gilt auch für die unsrigen, und wenn wir bei uns Verschiedenheiten wahrnehmen, so folgen diese nicht aus der Eigenthümlichkeit der Culturpflanzen und ihrer Vegetationsweise, sondern gehören der Ungunst des Klimas an, und also einer ganz anderen Seite der Betrachtung.

Loudon giebt uns in seiner Encyclopädie nach einer sorgfältigen Zusammenstellung aus allen darüber vorhandenen Berichten folgende Uebersicht des Landbaues:

Bis zum 35. Grad zu beiden Seiten des Aequators wird der Ackerbau ohne alle Düngung nur mit Bewässerung getrieben; von da an bis zum 45° wird der Bewässerung, obwohl keineswegs überall, Düngung hinzugefügt, endlich vom 45° bis zum 67°, der ungefähren Grenze der Cultur im Norden und Süden, entwässert man den Boden und düngt ihn. Diese letzte Region hat in der südlichen Halbkugel eine höchst unbedeutende Ausdehnung, die erste Region eine sehr bedeutende, zu beiden Seiten des Aequators. Da nun in der zweiten Region auf nicht unbeträchtlichen Strecken ebenfalls ohne Dünger, und nur mit Bewässerung der Pflanzenbau betrieben wird, da selbst in der letzten gewisse Culturen ohne Dünger vor sich gehen, so sagen wir sicher nicht zuviel, wenn wir behaupten, daß bei $^3/_4$ aller Culturen auf der Erde kein Dünger angewandt wird.

Nur beispielsweise will ich die folgenden Länder als solche nennen, in denen die Anwendung organischen Düngers, nach den von einsichtsvollen Reisenden mitgetheilten Nachrichten, nicht Statt findet, und meistentheils aus Mangel eigentlicher Viehzucht gar nicht Statt finden kann.

Das mittlere Rußland liefert jährlich auf demselben Boden und ohne Düngung aus der einfachen Saatfurche Weizenernten, die den unermeßlichen Kornmarkt von Odessa versehen. Das Stroh wird verbrannt. Die geringe Menge gewonnenen Düngers nur auf Hanf und Gemüsebau verwendet. Der Ertrag ist zwar stellenweise nur 6- bis 7fältig, an andern aber auch sehr reich. Die Stengel des Weizens werden oft so dick und lang wie ein Rohr, die Blätter wie Maisblätter.

In einigen Gegenden von Malaga wird abwechselnd Weizen und Gerste auf demselben Boden ohne Düngung und ohne Brache gebaut. Ueberhaupt wird in vielen Gegenden Spaniens nicht gedüngt, sondern nur bewässert.

Im glücklichen Arabien und in Jemen vertritt Wasser oder die Asche von verbranntem Kameelmist die Stelle des Düngers.

In Hindostan giebt der Boden zwei Ernten ohne allen Dünger, die

Digitized by Google

erste, die sogenannte »kleine Ernte«, von kleinen Körnerfrüchten, gewöhnlich Hirse, die andere, oder die »große Ernte«, ausschließlich Mais.

In Birma, Java, Ceylon, Malacca, Siam, Cochinchina, Tonquin, einem Theil von China und Japan, ist fast die ausschließliche Culturfrucht Reiß, und die einzige Düngung desselben die Bewässerung. Die Chinesen legen den größten Werth auf vegetabilische Asche. Alles Unkraut wird sorgfältig gesammelt, verbrannt, und die Asche aufs Land gestreut.

Auf van Diemensland gewinnt man von demselben Boden 15 Weizenernten hinter einander ohne Düngung, und dann läßt man ihn brach liegen. Es bedeckt sich dann sogleich mit Araciengebüsch, welches nach einiger Zeit wieder niedergebrannt und der Boden abermals benutzt wird. Dasselbe findet am Cap der guten Hoffnung Statt. — Im größten Theil von Neuholland und Polynesien wendet man keinen Dünger an. Auf Otahaiti kennt man überhaupt keine andere Culturarbeit als das Säen.

In Aegypten, Abyssinien, Marocco, auf Madagascar und Madeira kennt man keinen Dünger als das Wasser.

In Peru und Chili, Brasilien und Mexico, in einem großen Theil von Nordamerika und Canada wendet man keinen organischen Dünger an.

Als Culturpflanzen, welche immer ohne Anwendung von organischem Dünger gebaut werden und gleichwohl auffallend große Erträge liefern, die die Productionsfähigkeit unserer gedüngten Aecker bei Weitem übertreffen, führe ich hier folgende an: Mais, Reiß, Zuckerrohr, Kaffee, Cacao, Bananen und Plantanen, Manjok- und Yamswurzeln, Baumwolle, Indigo und einen großen Theil des Tabacks.

Vergleichen wir die einzelnen Erträge, so giebt uns ein seit Jahrtausenden bearbeiteter, aber nie gedüngter Boden unter günstigen klimatischen Verhältnissen eine 200- bis 600fache Ernte, wie z. B. nach Alexander von Humboldt die Maisernten in Mexico sich herausstellen. Dagegen stechen denn allerdings unsere dürftigen 12- bis 15fachen Ernten trotz aller Culturanstrengungen bedeutend ab.

§. 154. Die folgende Betrachtung kann uns zunächst den Beweis liefern, daß in keinem Falle die organische Substanz des Bodens auch nur zum geringen Theile hinreichen kann, das Nahrungsbedürfniß der Pflanzen zu decken. Die organische Substanz des Bodens, wir wollen sie hier der Bequemlichkeit halber mit dem allgemeinen Namen »Humus« bezeichnen, ist jedenfalls nichts Anderes, als der Rückstand der noch nicht völlig zerstörten Thier- und Pflanzenleichen und ihrer Excremente. Nach der Bildungsgeschichte der Erde, die aus einem feurig flüssigen Zustand allmälig erkaltete, kann es vor den Pflanzen und den Thieren auf der Erde über-

Digitized by Google

haupt keine organische Substanz, also auch keinen Humus gegeben haben. Mag es aber welchen gegeben haben, und mag man die Menge so groß annehmen als man will, so müßte die Erde doch schon längst zur Wüste geworden sein, wenn die Pflanzen von organischer Substanz lebten.

Wir haben oben gesehen, daß die organische Substanz, welche ein Thier in der Nahrung zu sich nimmt, mindestens zur Hälfte bei dem Ernährungsproceß des Thieres zerstört wird. Der Verbrennungsproceß zerstört die organische Substanz vollständig. Jeder Organismus, der vom Leben verlassen ist, fällt der Fäulniß oder Verwesung, d. h. einem langsamen Verbrennungsproceß anheim, durch welchen ebenfalls die organische Substanz zerstört wird, und es ist bekannt, mit welcher ungeheuren Schnelligkeit in heißen Gegenden der Fäulnißproceß alles Organische zerstört. Selbst die mäßigste Berechnung giebt uns ungeheure Zahlen für die Quantität der organischen Substanz, welche auf diese Weise jährlich vernichtet wird.

Die Vernichtung von organischer Substanz auf der ganzen Erde können wir annäherungsweise nach den Hauptprocessen, und jedenfalls viel zu gering etwa so anschlagen:

1) Nach Valentin zerstört der Mensch täglich etwa ½ Pfund organischer Substanz, also 1 Milliarde 500 Millionen Pfd. Nehmen wir das Fünffache für sämmtliche Thiere an, so erhalten wir einen täglichen Verlust von 3000 Millionen Pfd., einen jährlichen von etwa 1 Billion.

2) Die Verbrennungsprocesse kann man so bestimmen: Der Mensch bedarf überall des Feuers zur Bereitung seiner Nahrung, in der gemäßigten und kalten Zone zur Erwärmung, in der heißen Zone zur Abhaltung der reißenden Thiere und Insekten, endlich bei civilisirten Nationen zu unzähligen technischen Zwecken. Unter den civilisirten Nationen der gemäßigten Zone, als der bevölkertsten, wird gewiß aus Noth am meisten mit dem Brennmateriale gespart, und zwar wiederum da am meisten, wo sie in größeren Haushaltungen beisammen leben. — Daher halte ich es für eine sehr geringe Annahme, wenn ich nach desfallsigen Nachforschungen in der Caserne zu Weimar, in einem hiesigen Knabeninstitute, im Krankenhause und in einigen größeren Familien, den jährlichen Verbrauch für den Kopf durchschnittlich zu 1 Klafter harten Holzes anschlage. Dies wird um so weniger zu hohe Zahlen geben, da hierbei die Jahr aus Jahr ein Statt findenden Wald- und Steppenbrände ganz unberücksichtigt bleiben. Wir erhielten somit eine Quantität von 40 Billionen verbrannter organischer Substanz.

3) Die Verwesungsprocesse mögen sich annäherungsweise so berechnen lassen: Für jede □Ruthe kann man wenigstens 200 Pfd. (etwas mehr als 1%) verwesbare organische Substanz annehmen, wovon nach einer

Digitized by Google

mittleren Annahme aus de Sauſſure's directen Verſuchen jährlich 4 Pfund durch die Verweſung in Waſſer und Kohlenſäure umgewandelt werden. Die Oberfläche des feſten Landes nach Abzug der Sahara, der Gobiwüſte und der vegetationsleeren Polarländer zu 3 Millionen Quadratmeilen angenommen, werden durch die Verweſungsproceſſe jährlich 104 Billionen Pfd. organiſcher Subſtanz zerſtört.

4) Im Ganzen erhalten wir alſo einen jährlichen Verluſt von 145 Billionen Pfund organiſcher Subſtanz. Setzen wir das ſpecifiſche Gewicht durchſchnittlich dem des Waſſers gleich, ſo haben wir $2^1/_4$ Billionen Cub.-Fuß — und in 5000 Jahren 11,250 Billionen Cub.-Fuß organiſcher Subſtanz. — Da die obige Fläche (die □Ruthe zu 100 □Fuß) nun 1164 Billionen □Fuß beträgt, ſo müſſen diejenigen, welche die Ernährung der Pflanzen durch die organiſche Subſtanz des Bodens annehmen auch nothwendig vorausſetzen, daß die Erde vor 5000 Jahren mit einer etwa 10 Fuß hohen Lage reiner organiſcher Subſtanz bedeckt geweſen ſei.

Man ſieht leicht, zu welchen Albernheiten die Annahme führt, daß die Pflanzen ſich durch die organiſche Subſtanz des Bodens ernähren.

Als ein kleineres Beiſpiel kann folgendes dienen: Nach officiellen Angaben beſaß Frankreich im Jahre 1844 an großen Thieren (Stiere, Ochſen, Kühe, Hengſte, Wallachen, Stuten und Maulthiere) 10,709,391 Stück, kleine Thiere (Eſel, Kälber, Füllen, Schweine, Schafe und Ziegen) 30,859,454 Stück. Rechnet man die tägliche Vernichtung bei den größeren zu 11 Pfund, bei den kleineren zu 3 Pfund organiſcher Subſtanz, ſo geht allein durch den Ernährungsproceß dieſer Thiere jährlich ungefähr 76,789 Millionen Pfund organiſcher Subſtanz verloren, alſo ſechsmal ſo viel als der geſammte Viehſtand beträgt, wenn wir auch, was ſicher zu hoch iſt, durchſchnittlich jedes große Thier zu 1000 Pfund, jedes kleine Thier zu 600 Pfund mit 50% trockener organiſcher Subſtanz veranſchlagen. Nehmen wir nun auch an, daß die übrigen Thiere und Pflanzen Frankreichs zuſammen noch 600mal ſo viel an organiſcher Materie enthalten, als die in den geſammten Hausthieren vorhandene, ſo würde doch die ganze organiſche Subſtanz Frankreichs allein durch die Ernährung der Hausthiere ſchon in einem Jahrhundert vollſtändig conſumirt, d. h. keine Pflanze und kein Thier in Frankreich mehr vorhanden ſein. Es iſt ein einfaches Rechenexempel, daß in gleicher Weiſe ſämmtliche organiſche Subſtanz der Erde, und wäre ſie anfänglich noch ſo groß geweſen, durch dieſe fortwährende Zerſtörung längſt vollſtändig hätte verzehrt ſein müſſen.

Aus dem hier Vorgetragenen folgt unmittelbar, daß zur Erhaltung des §. 155
organiſchen Lebens auf der Erde geſetzmäßig ein Naturproceß exiſtiren

Digitized by Google

müſſe, welcher dem Lebensproceß der Thiere und dem Verweſungsproceß im Reiche der unorganiſchen Kräfte geradezu entgegengeſetzt iſt, und wie jener fortwährend organiſche Subſtanz zerſtört, und in unorganiſche Verbindungen, nämlich Waſſer, Kohlenſäure und Ammoniak umwandelt, ſo vielmehr umgekehrt fortwährend unorganiſche Elemente und Verbindungen zu organiſchen Subſtanzen zuſammenfügt, und organiſche Subſtanz bildet. Dieſer Proceß, da er nicht in der Thierwelt, nicht im unorganiſchen Reiche ſich findet, kann durchaus kein anderer, als der Lebens- oder Ernährungsproceß der Pflanzen ſein. Gilt aber dieſer Satz als unumſtößlich für die ganze Erde wie für kleinere Theile derſelben, ſo gilt er auch ohne Frage für die Culturpflanzen.

Ohne uns hier auf ſpecielle Berechnungen einzulaſſen, können wir die Gültigkeit dieſer Bemerkung ſchon einfach durch folgende Betrachtung ſtützen. Irgend ein abgeſchloſſenes Landgut, führt, wenn wir die völlig unbeträchtliche Menge der Kleidungsſtücke abrechnen, keine organiſche Subſtanz ein, dagegen vernichtet es durch den Lebensproceß der Menſchen und Thiere auf dem Gute, und durch die Verbrennungsproceſſe jährlich ſehr bedeutende Quantitäten. Nicht minder bedeutende Quantitäten verliert es durch den Verweſungsproceß. Endlich führt es in Getreide, Wolle, vielleicht auch in Butter, Käſe, Spiritus und Zucker ſehr bedeutende Mengen aus. Auf dieſe Weiſe müßte jedes Gut in wenigen Jahren vollſtändig erſchöpft ſein, wenn die Pflanzen ganz oder auch nur zu einem einigermaßen nennenswerthen Antheile von der organiſchen Subſtanz des Bodens zehrten. Weit entfernt davon, vermindert ſich aber die organiſche Subſtanz des Bodens nicht nur nicht, ſondern ſie ſteigt ſogar bei guter Bewirthſchaftung von Jahr zu Jahr. Aus dem Boden kann alſo dieſe organiſche Subſtanz nicht ſtammen.

Nach den Schätzungen von Block bringt guter Weizenboden im Durchſchnitt aller Culturen, jährlich für den Morgen 2075 Pfund trockener Subſtanz hervor, welche im Mittel 5% Aſche enthält. Der Boden erhält jährlich und für den Morgen 1167 Pfund trockenen Dünger, der durchſchnittlich 30% Aſche enthält. Der Boden bekommt alſo höchſtens 794 Pfund organiſche Subſtanz, und producirt 1971. Dies ſind nur annäherungsweiſe richtige Schätzungen. Bouſſingault giebt nach wirklichen Wägungen und Elementaranalyſen im Mittel aus 3 fünfjährigen Umläufen und einem ſechsjährigen, 795 Pfund trockener organiſcher Subſtanz im Dünger, dagegen 2480 Pfund trockener organiſcher Subſtanz in der Ernte, für das Jahr und den Morgen an. Hiernach producirt der Boden mehr als dreimal ſo viel an organiſcher Subſtanz als er empfängt. Nun liegt aber dieſen Berechnungen noch die ganz falſche

Digitized by Google

Annahme zu Grunde, daß die organische Substanz des Düngers vollständig den Pflanzen zu Gute komme, und zu Gute kommen könne. Wir düngen aber nicht die Pflanze, sondern das Feld, und nicht in jedem Jahr, sondern für eine Reihe von Jahren im Voraus. Auf diese Weise kommt ein großer Theil der organischen Substanz gar nicht in den Bereich der Pflanzen, und der bei Weitem größte Theil fällt dem Verwesungsprocesse anheim, der durch das öftere Umpflügen auf das Höchste beschleunigt wird. Wir nehmen also sicher noch zu viel an, wenn wir zugestehen, daß möglicherweise $^1/_{10}$ des ganzen Nahrungsbedürfnisses der Pflanze von der organischen Substanz des Düngers gedeckt werden könnte. Es liegt aber kein Grund vor, selbst dieses letzte Zehntheil aus einer andern Quelle abzuleiten, als woher die übrigen 9 Zehntheile bei den Culturpflanzen, und alle 10 Zehntheile bei den wildwachsenden Pflanzen stammen.

§. 156. Wenn wir nämlich oben nachgewiesen haben, daß sich die Culturpflanzen im engeren Sinne des Wortes durch eine Veränderung des chemischen Processes von den wildwachsenden unterscheiden, so trifft diese Veränderung doch durchaus nicht die Qualität des chemischen Processes. Die wilde Pflanze bildet aus Wasser, Kohlensäure und Ammoniak Eiweiß, Kleber, Zucker, Stärkemehl, Oel u. s. w. Ganz genau dieselben Substanzen bildet auch die Culturpflanze. Unsere Culturpflanzen enthalten nicht einen einzigen ihnen eigenthümlichen Stoff, aber sie bilden *mehr* Eiweiß, *mehr* Kleber oder *mehr* Zucker und Stärke, und häufen diese Stoffe in einzelnen Theilen übermäßig an. Somit liegt nichts vor, was uns bewegen könnte, für die Culturpflanzen einen besonderen organischen Nahrungsstoff anzunehmen.

Haben wir so im Allgemeinen die Unmöglichkeit der Ernährung der Culturpflanzen durch organische Substanz des Bodens, und das völlig Unnütze bei einer solchen Annahme nachgewiesen, so können wir diesen Nachweis noch stützen durch eine specielle Betrachtung der einzelnen Elemente. Hierbei können wir absehen von Sauerstoff und Wasserstoff, da diese der Pflanze, wo sie überhaupt vegetiren kann, durch das Wasser im Uebermaß zugeführt werden. Es bleiben uns also nur Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor und die unorganischen oder Aschenbestandtheile für eine genauere Betrachtung übrig.

B. Ueber die Aufnahme des Kohlenstoffs durch die Culturpflanzen.

§. 157. Der Kohlenstoff ist ohne Zweifel insofern der wichtigste Bestandtheil, als er durchschnittlich fast die Hälfte der ganzen trockenen Pflanzensubstanz ausmacht, und wenn wir von Wasserstoff und Sauerstoff absehen,

Digitized by Google

achtmal ſoviel als der Stickſtoff beträgt; es dreht ſich daher der ganze Streit zwiſchen denen, welche eine organiſche Nahrung der Pflanze vorausſetzen, und ihren Gegnern, hauptſächlich um die Aufnahme des Kohlenſtoffs. Wie im Allgemeinen die organiſche Subſtanz des Bodens nicht hinreicht für das Nahrungsbedürfniß der Pflanzen, ſo kann dieſelbe insbeſondere auch nicht das Kohlenbedürfniß decken. Betrachten wir dafür einzelne Culturen, ſo tritt uns dieſes Ergebniß ſehr ſchlagend entgegen.

Das Zuckerrohr bedarf eines feuchten Bodens, derſelbe wird gar nicht oder höchſtens mit der Zuckerrohraſche gedüngt. Der Morgen liefert jährlich 7500 Pfund Rohr, der ausgepreßte Zucker enthält im Minimum 700 Pfund, das ausgepreßte Rohr 500 Pfund Kohlenſtoff. Da der Zucker ausgeführt, das Rohr beim Sieden deſſelben verbrannt wird, ſo verliert der Morgen an der Zuckerrohrplantage auf dieſe Weiſe 1200 Pfund Kohlenſtoff ohne den geringſten Erſatz. Die Inſeln Bourbon und Mauritius geben auf dieſe Weiſe jährlich 130 Millionen Pfund Kohlenſtoff her. Die ſämmtlichen Zucker- und Kaffeeplantagen (bei beiden findet keine Düngung Statt) liefern allein jährlich 2300 Millionen Pfund Kohlenſtoff.

Die beiden Oelpalmen, Cocos nucifera und Elais guineensis wachſen im humusleeren Uferſande. In den letzten Jahren betrug die durchſchnittliche Einfuhr in England 33 Millionen Pfund Palmöl. Bei der Cultur dieſer Palmen producirt dieſer humusleere Boden alſo allein im Oel 33 Millionen Pfund Kohlenſtoff.

Das auffallendſte Beiſpiel liefern die Bananen. Man pflanzt ſie als Stecklinge auf feuchten Boden, ohne die geringſte Düngung anzuwenden. Im zweiten Jahre fangen ſie an zu tragen, und man ſammelt nun 20 Jahre hintereinander ihre Früchte; dann werden ſie wieder umgelegt, weil ſie durch das beſtändige Abſterben der alten Triebe, und das Hervorſproſſen neuer Wurzelſchößlinge allmälig in Unordnung kommen. Der Morgen trägt ungefähr 98,000 Pfund Früchte im Jahre. Dieſe enthalten in ungefähr 43,000 Pfund trockener Subſtanz etwa 17000 Pfund Kohlenſtoff. Der Morgen producirt hiermit in den 20 Jahren nahe an 400,000 Pfund Kohlenſtoff. Dieſe Production dauert auf den Südſeeinſeln auf demſelben Boden ſchon Jahrtauſende und der Boden gewinnt durch die großen ſaftigen Blattſcheiden und Blätter in ungeheuer ſchneller Progreſſion an Humusgehalt.

Wenden wir uns zu unſern einheimiſchen Culturen, ſo zeigen uns die Wägungen von Bouſſingault, daß die Menge des Kohlenſtoffs im Dünger ſich zur Menge des Kohlenſtoffs in der Ernte verhält wie 1 zu 2,88, alſo abermals etwa nur dem Drittel entſpricht. Daß aber der Kohlenſtoff der Ernte mit dem Kohlenſtoff des Düngers gar nichts ge-

Digitized by Google

mein habe, ergiebt sich ganz einfach daraus, daß der Kohlenstoff der Ernte vom 1. Jahre der Düngung an, nicht regelmäßig abnimmt; so liefert die Weizenernte im zweiten Jahre nach der Düngung 867 Pfund Kohlenstoff, dagegen im sechsten Jahre nach der Düngung die Roggenernte 1153 Pfund Kohlenstoff. Der Kohlenstoff der Pflanzen kann also im Ganzen nicht aus der organischen Substanz des Bodens abstammen, sondern bei den Culturpflanzen wie bei den wilden, nur von aufgenommener Kohlensäure.

Der folgende Versuch von Bouſſingault kann endlich im kleinsten Maßstabe, aber auch mit größter Genauigkeit, die Ernährung der Pflanze durch die Kohlensäure, so weit es den Kohlenstoff betrifft, nachweisen. Die Pflanzen wurden in reinen Quarzsand oder gebrannten Thon gesäet und mit destillirtem Wasser begossen.

Namen der Pflanzen.	Gewicht in Grammen.	Dauer des Versuchs.	Kohlenstoff.	Gehalt in Grammen. Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Gewinn an Kohlenstoff.
Samen	1,586		0,806	0,095	0,571	0,114	
Rother Klee		3 Monate					158%
Ernte	4,106		2,082	0,271	1,597	0,156	
Samen	1,072		0,515	0,069	0,442	0,046	
Erbsen		99 Tagen					361%
Ernte	4,441		2,376	0,284	1,680	0,101	
Samen	1,644		0,767	0,095	0,725	0,057	
Weizen		3 Monate					89%
Ernte	3,002		1,456	0,173	1,333	0,060	

Ferner pflanzte Bouſſingault rothen Klee aus gewöhnlichem Lande in jenen Sand und Thon, woselbst er ebenfalls während zwei Monate mit destillirtem Wasser begossen wurde. Das Resultat war:

			Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Gewinn an Kohlenstoff.
Gewicht der Pflanzen	vorher	0,884 =	0,384	0,048	0,419	0,033	156%
	nachher	2,265 =	1,200	0,145	0,863	0,056	

Endlich entnahm er einige Haferpflanzen dem gewöhnlichen Boden und setzte sie einfach in destillirtes Wasser mit folgendem Ergebniß:

Digitized by Google

			Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Gewinn an Kohlenstoff.
Gewicht	vorher	0,827	=	0,106	0,568	0,059	18%
	n. 41 Tagen	1,500	=	0,193	1,372	0,053	

§. 158. Einige sind der Meinung gewesen, daß wenn auch der Kohlenstoff der ganzen Pflanze unabhängig von der Zuführung des Düngers sei, derselbe jedoch für unsere Culturpflanzen insofern nöthig werde, als er durch seine Verwesung die junge Pflanze anfänglich reichlich mit Kohlensäure versorge. Die ganze Ansicht ist aber völlig unhaltbar. Nimmt man einmal Kohlensäure als Nahrungsstoff an, so bedarf man zu keiner Zeit einer besonderen Zuführung für die Pflanze, da die Kohlensäure immer und überall in so genügender Menge vorhanden ist, daß das der Pflanze zur Nahrung dienende Wasser sich damit sättigen kann. Die Annahme hätte auch nur dann einen Sinn, wenn wir unmittelbar zu jeder einzelnen Culturpflanze düngten. Ferner ist es auch eine bekannte Thatsache, daß sich die Samen aller unserer Culturpflanzen gerade anfänglich auf jeder beliebigen Grundlage, in feuchter Baumwolle, in feuchtem Quarzsand u. dergl., vollkommen gesund entwickeln, und daß sich die schädlichen Folgen eines ungenügenden Bodens immer erst später zeigen.

§. 159. Endlich könnte noch die Frage aufgeworfen werden, ob denn auch wirklich Kohlensäure genügend vorhanden sei, um dem Bedarf sämmtlicher Pflanzen auf der Erde zu entsprechen. Diese Frage bedarf eigentlich keiner Antwort, denn da sämmtlicher Kohlenstoff der organischen Substanz immer wieder durch den Lebensproceß der Thiere, durch die Verbrennungs-, Verwesungs- und Fäulnißprocesse in Kohlensäure übergeführt wird und so in die Atmosphäre zurückkehrt, so unterliegt der Kohlenstoff eigentlich nur einem einfachen Kreislauf durch Pflanze, Thier und Atmosphäre. Die Eine absterbende Generation liefert immer Kohlensäure genug zur Bildung einer neuen.

Es kommen aber bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Erde hierzu noch einige nicht unbeträchtliche Zuschüsse. Der mittlere Gehalt unserer Atmosphäre an Kohlensäure beträgt allein schon 8440 Billionen Pfund. Die jährlich verbrannten Steinkohlen, welche man für England, Frankreich, Belgien, Preußen, Oesterreich, Sachsen und einige kleinere deutsche Staaten mit Sicherheit zu 75,000 Millionen Pfund berechnen kann, liefern dazu noch 200,000 Millionen Pfund Kohlensäure im Jahre. Endlich kommen dazu noch die Aushauchungen der Vulcane und des vulca-

nischen Bodens, welche wir auch nicht einmal annäherungsweise zu schätzen im Stande sind.

§. 160. Es bliebe uns endlich noch übrig, zum Ueberfluß nachzuweisen, daß die Kohlensäure auch wirklich in genügender Menge in die Pflanze gelangen könne. Dieses mag folgende Berechnung deutlich machen:

Eine höchst fruchtbare Rieselwiese producirt jährlich für den Morgen nach Linke, Schwarz und Anderen 40 Ctr. = 4400 Pfd. Heu. Lufttrockenes Heu enthält nach Bouſſingault 45,8% Kohlenstoff. Jenen 4400 Pfd. entsprechen also etwa 2000 Pfd. Kohlenstoff, und um die volle jährliche Production auszudrücken, wollen wir für Wurzelzuwachs und verfaulte Blätter noch 1000 Pfd. zulegen. Diese 3000 Pfd. Kohlenstoff entsprechen 10,980 Pfd. Kohlensäure, die wir wegen der in der Nacht unzersetzt verdunstenden Kohlensäure bis auf 12,000 Pfd. vermehren wollen. Nun verdunstet nach Schübler ein Morgen sehr magern niedrigen Grases (Poa annua) in 120 Vegetationstagen 6,000,000 Pfd. Wasser. Die Annahme von 120 Vegetationstagen ist offenbar höchst unvortheilhaft, denn die Vegetation auf den Rieselwiesen dauert viel länger. Um dem Bedarf der Pflanze zu genügen, muß dieselbe also mit jedem Pfunde Wasser nur $3\frac{1}{2}$ Gran Kohlensäure aufnehmen.

C. Die Aufnahme des Stickstoffs.

§. 161. Wenn es im Boden auch auflösliche kohlenstoffhaltige Substanzen giebt, von denen man bei oberflächlicher Betrachtung den Kohlenstoff der Pflanzen ableiten könnte, so giebt es doch keine auflösliche stickstoffhaltige Substanzen, welche der Pflanze ihren Stickstoff zuführen könnten. Nachdem daher einmal ausgesprochen war, daß die Pflanze ihren Stickstoff in Form von Ammoniak und Ammoniaksalzen aufnehme, schlossen sich alle nur einigermaßen denkende Forscher dieser Ansicht an, und es wird allgemein zugegeben, daß die organischen stickstoffhaltigen Bestandtheile des Bodens erst durch Fäulniß und Verwesung in Ammoniak übergehen müssen, ehe sie in die Pflanze gelangen können. Die Frage nach dem Ursprung des Stickstoffs in der Pflanze nimmt deshalb eine ganz andere Gestalt an, als die nach dem Ursprung des Kohlenstoffs. Nicht die Verbindung, in welcher der Stickstoff eingeht in die Pflanze, ist hier zweifelhaft, sondern ob die Pflanze für ihren Bedarf an Ammoniaksalzen auf die Verwesungsproducte der organischen Substanzen des Bodens ganz oder größtentheils angewiesen sei, oder ob sie auch in dieser Beziehung von der organischen Substanz des Bodens unabhängig sei.

Zweierlei müssen wir hier zum Voraus bemerken, einmal, daß es sich ganz von selbst versteht, daß die Ammoniaksalze, die aus den stickstoffhaltigen

Digitized by Google

Bestandtheilen des Bodens entstehen, so gut wie alle übrigen Ammoniaksalze den Pflanzen zu Gute kommen können, und zweitens, daß es ein grundfalsches Vorurtheil ist, wenn man glaubt, unsere Culturpflanzen bedürften einer größeren Menge von Stickstoff als die wildwachsenden. Eine Rieselwiese, der niemals organischer Dünger zugeführt wird, liefert jährlich für den Morgen 40 bis 50 Pfd. Stickstoff, während unser bestes Ackerland im Durchschnitt aller Culturen nur etwa 31 Pfd. liefert. Gerade die Pflanzen, zu welchen wir unmittelbar düngen, die Kartoffeln und Rüben, sind verhältnißmäßig die stickstoffärmsten.

§. 162. Gehen wir auch hier von größeren Betrachtungen aus, so finden wir Folgendes: Die großen Steppen von Buenos-Ayres zeigten zur Zeit der Entdeckung der Spanier denselben dürftigen Graswuchs und die niedrigen Acazienbüsche wie jetzt, dieselben Heerden von Straußen und Guanacos wie jetzt. Ungefähr um das Jahr 1532 führten die Spanier das Pferd und das Rindvieh dort ein. Diese verwilderten und vermehrten sich bald zu ungeheuren Heerden, so daß gegenwärtig das Leben eines Pferdes, das Fleisch eines Ochsen dort ein fast völlig werthloser Gegenstand ist. Ungeheure Mengen stickstoffhaltiger Substanz hat dieser dürftige und wie sich von selbst versteht, nie gedüngte Boden zu der Bildung und Ernährung dieser unzählbaren Heerden hergeben müssen. Dabei sind seit jener Zeit in immer steigender Menge unberechenbare Mengen von stickstoffhaltiger Substanz in gesalzenem Fleisch, in Pferdehaaren, Ochsenhörnern, Ochsen- und Pferdehäuten ausgeführt worden, so z. B. allein von Montevideo und Buenos-Ayres in der letzten Zeit durchschnittlich jährlich 19 Millionen Pfund Ochsen- und Pferdehäute, $9\frac{1}{2}$ Millionen Pfund Pferdehaare und $3\frac{1}{4}$ Millionen Pfund Ochsenhörner. Durch Alles dies ist der Boden nicht erschöpft, nicht verändert worden. Diese gesammte Stickstoffmenge kann also ausschließlich den Ammoniaksalzen der Atmosphäre zugeschrieben werden.

Die Schweizeralpen, die ostfriesischen und holländischen Wiesen erhalten keine organische stickstoffhaltige Substanz, denn die Excremente des auf ihnen weidenden Viehes stammen ja selbst von ihnen her und betragen immer weniger, als das Thier in der Nahrung zu sich genommen hatte. Denn nach Bousſingault's Versuchen betrug der Stickstoffgehalt der Nahrung für 24 Stunden beim Pferde 139,4 Grammen, der Stickstoffgehalt der Excremente dagegen nur 115,4. Es entweichen also 24,0 Grammen Stickstoff bei der Ausdunstung in Form von Ammoniak. Nach demselben beträgt der Stickstoffgehalt der Nahrung für 24 Stunden bei der Kuh 201,5 Grammen, der Stickstoffgehalt der Excremente und Milch zusammen aber nur 174,5 Grammen, bei der Kuh entweichen also 27 Grammen Stickstoff als Ammoniak, oder mit anderen Worten, die Kuh giebt der Wiese für 1259 Gramm stickstoffhaltiger organischer Substanz,

Digitized by Google

welche sie täglich in der Nahrung aufnimmt, nur 1090 Grammen wieder zurück.

Jene Alpen und Wiesen liefern aber jährlich unberechenbare Mengen von Stickstoff, theils in dem für die Winternahrung weggeführten Heu, theils in dem geronnenen Käse. Hier kann Niemand zweifeln, daß diese Stickstoffproduction von der stickstoffhaltigen Substanz des Bodens völlig unabhängig sei.

Dieselben Resultate erhalten wir, wenn wir kleinere Gebietstheile näher §. 163.
betrachten. Nach den Bouſſingault'schen Wägungen verhält sich im Durchschnitt aller Culturen der Stickstoff der Ernte zu dem Stickstoff des Düngers wie 2 zu 1; beim Luzernebau sogar wie 4,8 zu 1. Liebig hat zwar gegen die Bouſſingault'sche Bestimmung die Einwendung erhoben, daß beim Austrocknen des Mistes die schon gebildeten Ammoniaksalze und damit der größte Theil des Stickstoffs entweiche, den Beweis dafür ist er aber schuldig geblieben. Auch trifft dieser Einwurf deshalb nicht, weil die bereits gebildeten flüchtigen Ammoniaksalze ohnehin während des Auffahrens, des Liegens auf dem Acker, des Unterbringens und öfteren Umpflügens entweichen müssen und den Pflanzen nicht unmittelbar zu Gute kommen können. Wollte man Liebig auch Recht geben, so würde seine Behauptung doch immer nur auf den Durchschnitt der gewöhnlichen Culturen, nicht aber auf die besondere einzelne, wie z. B. der Erbsen, und am allerwenigsten auf die Luzernecultur anwendbar sein.

Es sei dem übrigens wie ihm wolle, so ist der Beweis, daß die Pflanzen von dem Stickstoffgehalt des Düngers völlig unabhängig seien, sehr leicht zu führen. Es müßte, da wir nicht zu jeder einzelnen Pflanze, sondern für mehrere Jahre im Voraus düngen, der Stickstoffgehalt der Ernte in dem Maß, wie die Verwesung des Düngers fortschreitet, auch mit den Jahren ganz regelmäßig steigen oder fallen. Es ist aber vielmehr der Stickstoffgehalt der Ernte, wie die folgende Tabelle zeigt, völlig unabhängig von der Zeit, welche seit der Düngung verflossen.

Bei einem sechsjährigen Umlauf lieferten nach Bouſſingault:

im 1. Jahr	Kartoffeln	für den Morgen	24,75	Pfd.	Stickstoff.
» 2. »	Weizen	» » »	18,92	»	»
» 3. »	Klee	» » »	45,21	»	»
» 4. »	Weizen und Stoppelrüben für den Morgen		29,93	»	»
» 5. »	Erbsen	» » »	52,63	»	»
» 6. »	Roggen	» » »	17,43	»	»

In den Bouſſingault'schen Versuchen erhielt in einem sechsjährigen und in zwei fünfjährigen Umläufen der Boden für das Jahr und für den

Digitized by Google

Morgen 21,90 Pfund Stickstoff im Dünger. Der durchschnittliche Ueberschuß des in der Ernte gewonnenen Stickstoffs über den des Düngers betrug aber für Jahr und Morgen:

in dem ersten Umlauf von 5 Jahren 5,06 Pfd.
» » zweiten » » » » 5,45 »
» » dritten » » 6 » 9,83 »

Diese letzte Thatsache könnte allein schon genügen, um die Unabhängigkeit der Stickstoffproduction von dem Stickstoffgehalt des Düngers nachzuweisen. Nach de Saussure werden stickstoffhaltige Bestandtheile durch Fäulniß binnen 88 Tagen vollständig zerstört. Wenn also auch im ersten Jahre der Düngung das aus der Fäulniß des stickstoffhaltigen Düngers entstehende Ammoniak den Pflanzen unmittelbar zu Gute kommen könnte, so kann doch nach dem wiederholten Umpflügen von diesem Ammoniak im zweiten und in den folgenden Jahren nicht mehr vorhanden sein, als der Boden ohnehin aus der Luft absorbirt haben würde. Für die folgenden Culturen ist also jedenfalls der mit dem Dünger aufgebrachte Stickstoffgehalt völlig gleichgültig. So zeigt uns die obige Tabelle für den Morgen eine Stickstoffproduction im zweiten Jahr von 18,92 Pfd., im fünften Jahr 52,63 Pfd. Ueberhaupt wäre es thöricht, zu glauben, daß wenn die nicht gedüngte Rieselwiese jährlich 40 bis 50 Pfund Stickstoffgehalt aus der Luft absorbiren kann, ein Morgen mit Weizen oder Roggen nicht im Stande sein sollte, 18 Pfund aufzunehmen.

Schließlich verweise ich hier noch auf die genaueren Experimente Bousfingault's im Kleinen, welche schon oben S. 339 mitgetheilt sind. Rother Klee in Quarzsand und gebranntem Thon gezogen, mit destillirtem Wasser begossen, hatte in 3 Monaten fast um 37% seinen Stickstoffgehalt vermehrt; bei Erbsen auf dieselbe Weise gezogen, betrug die Zunahme des Stickstoffs in 99 Tagen 119%, beim Weizen 5%. Rother Klee, vom Acker in jenen Quarz- und Thonboden versetzt, gewann in 2 Monaten fast 70%.

Es scheint aus Allem diesen hervorzugehen, daß der Stickstoffgehalt des Düngers selbst in Form von Ammoniak für die Ernährung der Pflanze ebenso gleichgültig sei, wie der Kohlenstoff desselben.

§. 164. Es bliebe nun auch die Frage zu erörtern übrig, ob der Pflanze genügende Mengen von Ammoniak zu Gebote stehen und ob das Ammoniak in genügender Menge in die Pflanze hineinkommen könne. In erster Beziehung brauchen wir uns nur einfach an das zu erinnern, was schon oben beim Kohlenstoff erörtert ist. Ein Theil der stickstoffhaltigen organischen Verbindungen geht schon beim Ernährungsproceß in flüchtige Ammoniaksalze über. Die Pflanzen- und Thierleichen und die Auswuchsstoffe der Thiere verwandeln bei der Fäulniß ihren Stickstoffgehalt außer-

Digitized by Google

ordentlich rasch in Ammoniaksalze. Wenn wir gleichwohl in der Atmosphäre nur sehr geringe und wechselnde Mengen von Ammoniak nachweisen können, so liegt das darin, daß das Ammoniakgas und seine flüchtigen Salze noch ungleich leichter und schneller von jedem porösen Körper, sowie vom Wasser absorbirt werden, als die Kohlensäure und daher sogleich aus der Atmosphäre wieder in den Boden und das Wasser zurückkehren, und so den Pflanzen zugänglich werden. Wie der Kohlenstoff, so vollführt auch der Stickstoff nur einen beständigen Kreislauf durch Atmosphäre, Boden, Pflanze und Thier, und jede absterbende Generation bietet der neu entstehenden Stoff genug, sich zu entwickeln.

Wir können aber auch noch drei Verhältnisse namhaft machen, welche eine beständige Vermehrung des Stickstoffs bedingen. Die Vulcane und vulcanischen Gegenden hauchen nicht nur Kohlensäure, sondern auch Ammoniak aus. So entdeckte Jones noch kürzlich eine Höhle bei Neapel, aus deren Boden fortwährend Ammoniakgas ausströmt. Der so schwer sich mit anderen Stoffen verbindende Stickstoff verbindet sich gleichwohl leicht besonders mit Wasserstoff, wenn dieser aus einer anderen Verbindung frei wird. Schlägt ein elektrischer Funke durch feuchte Luft, so wird Wasser zersetzt und das sich entwickelnde Sauerstoff- und Wasserstoffgas tritt mit dem Stickstoff der Atmosphäre zu salpetersaurem Ammoniak zusammen. Dieser Vorgang findet im Großen bei jedem Gewitter Statt, und in jedem Gewitterregen läßt sich das salpetersaure Ammoniak deutlich nachweisen. In ähnlicher Weise verbindet sich endlich nach den Beobachtungen von Mulder das bei der Verwesung und Fäulniß stickstofffreier Substanzen frei werdende Wasserstoffgas mit dem Stickstoff der Atmosphäre zu Ammoniak.

Berechnet man endlich die Mengen des Wassers, welche eine Pflanze §. 165.
verbraucht, so geht daraus hervor, daß damit der Pflanze vollkommen genug Ammoniak zugeführt werden könne, um ihren Stickstoffgehalt zu decken. Nach Schüller's Beobachtungen würde ein Morgen niedrigen Grases in 120 Vegetationstagen 6 Millionen Pfund Wasser verbrauchen. Eine Rieselwiese vom größten Heuertrag liefert jährlich für einen Morgen höchstens 50 Pfund Stickstoff. Jedes Pfund Wasser, welches sie aufnimmt, braucht also nicht mehr als $\frac{1}{13}$ Gran Ammoniak zu enthalten, um den ganzen Bedarf vollkommen zu decken. Ich glaube kaum, daß es außer dem frischen Quellwasser auf der ganzen Erde ein Wasser giebt, welches so wenig Ammoniak enthielte.

Digitized by Google

D. Aufnahme von Phosphor und Schwefel durch die Culturpflanzen.

§. 166. Die stickstoffhaltigen organischen Verbindungen erhalten noch gewisse Mengen Schwefel und Phosphor. Bei ihrer Verwesung verwandeln sich diese Elemente in Schwefelwasserstoffgas und Phosphorwasserstoffgas, und können so in der Form einer leicht zersetzbaren Verbindung auch wieder in die Pflanzen zurückgehen. Ob dies der wirkliche Vorgang sei, läßt sich bei den außerordentlich geringen Mengen, die in Frage kommen, gar nicht durch Experimente entscheiden.

Die Erbsen, eine der stickstoffreichsten Culturpflanzen, liefern auf dem Morgen etwas mehr als 50 Pfund Stickstoff. Berechnen wir den sämmtlichen Stickstoff als Eiweiß, welches den meisten Schwefel und Phosphor enthält, so kommen auf die Ernte eines Morgens 2 Pfund Schwefel und 1 Pfd. Phosphor. Vertheilen wir diese Menge auf 120 Tage und eine Luftsäule von nur 3000 Fuß, so braucht in einem ganzen Cubikfuß Luft nicht mehr als $^1/_{5{,}400{,}000}$ Gran Schwefelwasserstoff und $^1/_{10{,}000{,}000}$ Gran Phosphorwasserstoff vorhanden zu sein, um dem Bedarf der Pflanze vollkommen zu genügen. Unsere gegenwärtige Chemie ist aber weder die Anwesenheit noch die Abwesenheit solcher kleinen Mengen nachzuweisen im Stande.

E. Aufnahme der unorganischen Bestandtheile durch die Pflanzen.

§. 167. Die frühere Betrachtung über die Culturpflanzen hat uns von allen Seiten immer zu dem Schluß geführt, daß die wichtigsten Bodenbestandtheile nicht nur für die Vegetation der Pflanzen im Allgemeinen, sondern auch ganz besonders für die Culturpflanzen die unorganischen oder Mineralbestandtheile desselben sind. Diese Ansicht ist durchaus nicht etwa neu, sondern schon im vorigen Jahrhundert von de Sauſſure ausgesprochen und begründet worden. Damals lag die Landwirthschaft aber noch in so tiefem Schlaf, einzelne geniale Männer wie z. B. Thaer ausgenommen, daß von den Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen überhaupt nicht einmal Notiz genommen wurde, während in neuester Zeit, als Liebig dieselben Lehren, nur entwickelter und vervollkommneter, vortrug, die Landwirthschaft doch wenigstens schon so weit fortgeschritten war, daß sie sich in einen Kampf gegen diese Ansichten einließ, wenn sie dieselben auch aus Unwissenheit als etwas Neues und Unerhörtes behandelte.

Es ist nicht nöthig, noch irgend etwas im Allgemeinen über die Wichtigkeit der unorganischen Bestandtheile zu sagen. Wer nach dem, was be-

Digitized by Google

reits in dieſem Werke erörtert iſt, dieſe Bedeutung noch nicht erkannt hat, dem wird überhaupt nicht zu helfen ſein. Ungeachtet aller der großen Schwierigkeiten, welche die Lehre von den unorganiſchen Beſtandtheilen der Pflanze darbietet, und welche zur Genüge im zweiten Bande dieſes Werkes §. 94 und folgende, ſowie in dieſem Bande §. 63 und 66 erörtert worden ſind, bleibt die Bedeutung der unorganiſchen Beſtandtheile doch unzweifelhaft und ſobald wir nur Aſchenanalyſen, nach gleicher Methode ausgeführt, unter einander vergleichen, das Reſultat doch unangetaſtet ſtehen, daß die verſchiedenen Pflanzen ſich ganz beſtimmt nach Quantität und Qualität der unorganiſchen Beſtandtheile unterſcheiden. Ein weſentlicher Grund, weshalb die Reſultate zur Zeit noch nicht ſo rein und ſchlagend hervortreten, als zu wünſchen wäre, liegt darin, daß ſich die Chemiker durch das ſehr natürliche Intereſſe haben verführen laſſen, vorzugsweiſe ihren Fleiß auf die Unterſuchung der Culturpflanzen zu wenden, ſtatt größere Reihen von Unterſuchungen über die Aſchenbeſtandtheile vollkommen wilder Pflanzen anzuſtellen. Gerade die Culturpflanzen und die Ackerunkräuter müſſen aber, ſowie ſie in ihrer äußeren Geſtalt nach Unterart und Spielart verſchieden ſind, auch nothwendig in ihrem chemiſchen Proceß und folglich in ihrem Gehalt an unorganiſchen Beſtandtheilen die großen Verſchiedenheiten zeigen, welche uns in den früher mitgetheilten Tabellen entgegentreten.

§. 168. Wenn auch die Betrachtungen Seite 139 und folgende dieſes Bandes nachgewieſen haben, daß es zur Zeit noch unmöglich ſei, den inneren Zuſammenhang zwiſchen dem Vegetationsproceß und den unorganiſchen Beſtandtheilen in dem Einzelnen zu verfolgen, ſo kann die Wirklichkeit dieſes Zuſammenhanges gleichwohl nicht dem geringſten Zweifel unterliegen. Nehmen wir welche Pflanze wir wollen, ſo finden wir immer, daß mit dem verſchiedenen Gehalt an organiſchen Beſtandtheilen auch immer verſchiedene Mengen unorganiſcher Beſtandtheile vorkommen, wie z. B. die von Bouſſingault mitgetheilten Vergleichungen zwiſchen dem Stickſtoffgehalt der Pflanzen und ihrem Phosphorſäuregehalt nachweiſen.

Digitized by Google

Es enthalten 1000 Theile Nahrungsmittel im gewöhnlichen Zustande.	a	b		c		
	Stickstoff.	Phosphorsäure.	Kalk.	Basisch-phosphorsauren Kalk oder Knochenerde.	Es verhält sich b : a wie	Es verhält sich c : a wie
1. Heu	11,50	3,37	10,04	6,96	1 : 3,4	1 : 1,6
2. Kartoffeln . .	3,70	1,09	0,17	0,33	1 : 3,4	1 : 11,2
3. Runkeln . .	2,10	0,46	0,54	0,95	1 : 4,5	1 : 2,2
4. Stoppelrüben .	1,30	0,35	0,62	0,72	1 : 3,7	1 : 3,7
5. Topinambur .	3,75	1,35	0,29	0,56	1 : 2,8	1 : 2,1
6. Weizen . . .	20,50	9,64	0,60	0,16	1 : 2,1	1 : 12,8
7. Mais . . .	16,40	5 51	0,14	0,27	1 : 2,9	1 : 60,9
8. Hafer . . .	17,87	4,73	1,17	2,27	1 : 3,8	1 : 7,8
9. Weizenstroh .	3,00	1,61	4,41	3,32	1 : 1,8	1 : 0,9
10. Haferstroh . .	3,00	1,07	2,97	2,21	1 : 2,8	1 : 1,2
11. Kleeheu . . .	21,00	4,63	18,08	9,85	1 : 4,5	1 : 2,1
12. Erbsen . . .	38,40	9,03	3,03	5,83	1 : 4,2	1 : 6,6
13. Schminkbohnen	45,80	9,38	2,03	5,94	1 : 4,8	1 : 7,7
14. Bohnen . . .	51,10	10,26	1,53	9,27	1 : 4,9	1 : 5,5

(A) bei Nr. 11 — 14 im Mittel b zu $a = 1 : 4,6$
(B) » » 6 — 8 » » » » » $= 1 : 2,9$
(C) » » 1 — 5 » » » » » $= 1 : 3,5$
(D) » » 9 — 10 » » » » » $= 1 : 2,2$.

Man sieht leicht aus dieser Uebersicht, daß das Verhältniß der Phosphorsäure zum Stickstoff ein ziemlich constantes ist und für gleichartige Pflanzen und Pflanzentheile nur wenig vom Mittel abweicht. Zugleich aber ergiebt auch diese Tabelle, daß die Phosphorsäure in keinem allgemein nothwendigen Verhältniß zum Stickstoffgehalt der Pflanzen steht, sondern, daß in verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen das Verhältniß ein sehr verschiedenes ist. Daraus wird allerdings sehr wahrscheinlich, daß die Phosphorsäure in keine directe Beziehung zur Bildung der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen tritt; denn Eiweiß, Kleber und Legumin enthalten nahebei gleiche Mengen (etwa 0,3 %) Phosphor, gleichwohl ist das Verhältniß der Phosphorsäure in den kleberhaltigen Pflanzentheilen (B) wie 1 : 2,9, in den eiweißhaltigen (C) wie 1 : 3,5 und in den leguminhaltigen (A) wie 1 : 4,6.

Daß indeß der bei der Elementaranalyse erhaltene Stickstoff kein Maß

Digitized by Google

für die Menge der (ernährenden) Proteinstoffe einer Pflanze oder eines Pflanzentheils ist, wurde schon oben bei der Ernährung der Thiere erwähnt. Dies wird allerdings nur in sehr geringem Maße die ziemlich saftlosen Samen treffen; sehr auffallend muß es sich aber bei den so saftreichen Knollen und Wurzelgewächsen geltend machen.

§. 169. Daß die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen in wässeriger Auflösung aus dem Boden aufgenommen werden müssen, versteht sich von selbst. Es bleibt also hier nur noch zu untersuchen, welche unorganischen Bestandtheile insbesondere für die Culturpflanzen von Wichtigkeit werden. Im Allgemeinen werden wir hier zu keinem anderen Schluß kommen, als daß der Art nach die Culturpflanzen dieselben unorganischen Bestandtheile fordern, wie die wildwachsenden; dagegen wird es sich ergeben, daß hinsichtlich der Quantität die Culturpflanzen durchaus andere Ansprüche machen, als die wildwachsenden. Wir werden hier ganz besonders darauf geführt werden, zu untersuchen, in wie fern die Culturpflanzen unter unvortheilhafteren Bedingungen vegetiren als die wildwachsenden. Es ist schon bemerkt, daß im Mittel die Culturpflanzen fast die doppelte Menge Aschenbestandtheile zu enthalten scheinen, als die wildwachsenden. Wir können aber mit diesem Verhältniß vorläufig nichts weiter anfangen, weil uns die physiologischen Beziehungen der einzelnen Aschenbestandtheile noch größtentheils fremd sind.

§. 170. Aus der physiologischen Betrachtung der Pflanzen können wir nur etwa Folgendes ableiten. Wir finden die Kieselerde vorzugsweise in der Zellenwand abgelagert und die Festigkeit derselben bedingend; ein Gleiches gilt für einen gewissen Theil der Kalksalze, welche mit Gallertsäuren sich in unlöslicher Form in den Zellenwänden ablagern.

Wir können bei unserer Betrachtung der Culturpflanzen also zunächst von dem Gehalt an Kieselerde ganz absehen. Die Kieselerde charakterisirt nicht die Culturpflanze im Gegensatz zur wildwachsenden, sondern die einsamenlappigen Pflanzen, und insbesondere die Gräser, im Gegensatz zu den zweisamenlappigen. Die verschiedenen Mengen der Kieselerde entsprechen nicht sowohl einem veränderten chemischen Proceß in den Culturpflanzen, als vielmehr dem Unterschied zwischen verschiedenen Pflanzenarten. Z. B.

100 Theile von	enthalten		
Maisstroh vom Quarzgeschiebe	9,74	Kieselerde	Mittel 8,24
» » Uebergangskalk	6,75	»	
Lolium perenne	25,11	»	Mittel 22,27
» »	19,43	»	

Dasselbe würde für diejenige Menge des Kalkes gelten, welche mit Gallertsäuren verbunden zur Festigung der Zellenwände bei den zweisamenlappigen Pflanzen dient. Wir sind aber nicht im Stande, diese Mengen

Digitized by Google

zu bestimmen und von der Gesammtmenge des Kalkes abzuziehen. Sehr deutlich wird der Einfluß, den diese Kalkmengen ausüben, aus der oben Seite 248 mitgetheilten Tabelle. Während das Verhältniß der Phosphorsäuremengen zum Stickstoffgehalt in einer ganz auffallenden Beziehung zu der Natur der Pflanzen oder Pflanzentheile steht, läßt sich mit dem Verhältniß des berechneten phosphorsauren Kalkes zum Stickstoff gar nichts anfangen, und namentlich scheint Nro. 11 im Verhältniß zu 12 — 14 darauf zu deuten, daß der mit der Zellenwand verbundene Kalk hier von wesentlicher Bedeutung ist.

Dagegen finden wir die phosphorsauren Salze, wie uns eine sorgfältige mikroskopische Untersuchung der Aschen lehrt, hauptsächlich im Zelleninhalt und die leicht auflöslichen alkalischen Salze finden sich, wie sich von selbst versteht, im Zellensaft gelöst. Sind es nun überhaupt die unorganischen Bestandtheile, welche verändernd auf den chemischen Proceß der Pflanze inwirken, so müssen es insbesondere die letzteren sein, nämlich die phosphorsauren Salze und Alkalien, welche den veränderten chemischen Proceß im Inneren der Culturpflanze bedingen, weil dieser chemische Proceß vorzugsweise im Inneren der Zellen und im Zellensafte vorgeht.

Die Kieselerde und die gallertsauren Kalksalze, müssen in einem constanten und geraden Verhältniß zur Menge der Zellen, also zur Masse der ganzen Pflanzen stehen; phosphorsaure Salze und Alkalien dagegen, müssen im Verhältniß zur Veränderung des chemischen Processes steigen oder fallen. Um dieses theoretisch abgeleitete Gesetz in der Erfahrung nachzuweisen, bedürften wir einer großen Reihe nach gleicher Methode ausgeführter Analysen, welche uns außer dem Aschenbestandtheil die Quantität des Zellstoffs, die Quantität des stickstoffhaltigen und stickstofffreien Inhalts der Zelle angeben. Leider besitzen wir solche physiologisch wichtige und resultatreiche Analysen nicht.

§. 171. Ein Einwurf, den man bei dem gegenwärtigen Stand der Untersuchungen gegen die Bedeutsamkeit der unorganischen Bestandtheile machen kann, geht daraus hervor, daß die Asche einer und derselben Pflanzenart (wie man meint) so äußerst verschiedenartig zusammengesetzt sein kann, wie ein Blick auf die S. 143 und folgende des zweiten Bandes mitgetheilten Tabellen augenscheinlich darthut; so z. B. wechselt das Kali in der Weizenasche von 6 — 30%, das Natron gar von ½ bis fast 28%, bei der Gerste das Kali von 4 — 21 u. s. w.

Liebig hat versucht, eine Erklärung dieser Thatsache zu geben, indem er darauf hinweist, daß, um mit einer und derselben Menge von Säure ein Salz zu bilden, sehr verschiedene Mengen von Kali oder Natron, von Kalk- oder Talkerde nöthig sind; so z. B. verbinden sich 100 Theile Schwefelsäure mit 71 Theilen Kalk- oder mit 51 Theilen Talkerde. Lie-

Digitized by Google

big glaubt nun, ganz gewiß mit Recht, daß bei der Bildung von Salzen in der Pflanze ſich Kali und Natron, Kalk und Talkerde, vielleicht auch unter Umſtänden Kalkerde und Alkalien vertreten können, woraus natürlich ſehr verſchiedene Gewichtsmengen Salz hervorgehen, die aber doch gleiche chemiſche Bedeutung haben. Ich habe deshalb auch überall in dieſem Werke nicht ſowohl auf die Mengen von Kali, Natron, Kalk und Talkerde, ſondern vielmehr auf den Sauerſtoffgehalt der Alkalien oder alkaliſchen Erden Rückſicht genommen, weil von dieſem Sauerſtoffgehalt ihr chemiſches Aequivalent abhängt, es aber bis zu einem gewiſſen Punkte gleichgültig erſcheint, ob daſſelbe durch Kali oder Natron gegeben wird.

Aber ſelbſt wenn man dieſe Anſicht als gerechtfertigt ſtehen läßt, ſind die Aſchen einer und derſelben Pflanze äußerſt verſchieden, wie ſich das leicht aus einer Anordnung nach dem Sauerſtoffgehalt der ſämmtlichen Alkalien und alkaliſchen Erden zuſammengenommen ergiebt. Liebig's Anſicht ſteht und fällt aber erſt mit einer größeren Reihe ſorgfältiger Analyſen von vollkommenen, wildwachſenden Pflanzen. Die bisherigen Analyſen der Culturpflanzen ſind vielleicht mit wenigen gar nicht in Betracht kommenden Ausnahmen ohne alle Berückſichtigung der ſpeciellen Spielart oder Unterart der Pflanze angeſtellt, und zwei verſchiedene Spielarten von Culturpflanzen ſind, wie oben ſchon erörtert iſt, in Bezug auf den in ihm ſtattfindenden chemiſchen Proceß gerade wie verſchiedene Pflanzenarten anzuſehen. Leider wird hier dem unterſuchenden Chemiker die Sache ſehr erſchwert, da es in der That noch viele Landleute giebt, die ſelbſt nicht wiſſen, was ſie cultiviren, am allerwenigſten aber im Stande ſind, zu beurtheilen, ob Spielarten, für welche ſie anderweitig her den Samen bezogen, nicht auf dem neuen Boden und in der neuen Lage auch in eine neue Spielart übergegangen ſind, was übrigens in dieſem, wie in allen ähnlichen Fällen nicht dem einzelnen Landwirth, ſondern der Unzulänglichkeit der Quellen, aus welchen er gelernt hat, zur Laſt fällt.

§. 172. Das einzige Praktiſche, was wir zunächſt aus dem Gehalt der Culturpflanzen an unorganiſchen Stoffen ableiten können, iſt ihr Bedarf im Allgemeinen, oder die Anſprüche, welche ſie bei ihrer Ernährung an den Boden machen. Wir können hier als vorläufige Anhaltpunkte die folgenden beiden Tabellen hinſtellen.

Die Bouſſingaultſche hat hierbei inſofern einen größeren Werth, als ſie ſich auf Analyſen, die nach einer und derſelben Methode ausgeführt ſind, und auf directe Wägungen der wirklich auf einem beſtimmten Gut geernteten Producte beziehen, während die andere von Freſenius entlehnte Tabelle die Mittel verſchiedenartiger Analyſen und verſchiedenartiger Angaben über den Ernteertrag umfaßt. Dagegen hat aber die Bouſſingaultſche Tabelle den Nachtheil einiger entſchie-

Digitized by Google

dener Rechnungsfehler, z. B. beim Klee, und die Tabelle von Fresenius ist weniger bedeutungsvoll eben dadurch, daß sie ganz nach sogenannten mittleren Angaben und nach Gewichtsbestimmungen und Analysen sehr verschiedener Methode, also auch sehr verschiedenen Werthes zusammengesetzt ist. Die vielen durch Fragezeichen angedeuteten Lücken sind eben so viele Vorwürfe für den geringen Fleiß, den bisher landwirthschaftliche Institute ihrer Aufgabe gewidmet, indem wir auch nicht einmal von den gewöhnlichsten Culturpflanzen bis jetzt vollständige Analysen besitzen. (Siehe nebenstehende Tabellen I. und II. auf den zunächst folgenden vier Seiten.)

Vergleichen wir diese Tabellen mit den procentigen Aschenanalysen, so zeigt sich zwar, daß die auffallenden Verschiedenheiten, welche in den Aschenanalysen hervortraten, bei weitem weniger sichtbar werden, sobald wir den ganzen Ertrag eines Feldes berücksichtigen; gleichwohl sind die Abweichungen vom Mittel immer noch sehr viel bedeutender bei den einzelnen Bestandtheilen der Asche als bei der gesammten Aschenmenge. Bei letzterer betragen sie 66,2% unter, und 147,1% über dem Mittel, bei den alkalischen Erden nach dem Sauerstoff derselben berechnet, 76,5% unter, 239,1% über dem Mittel, bei den Chloralkalien sogar 94,6% unter, und 314,8% über dem Mittel.

Auffallend sind bei der Vergleichung der beiden Tabellen unter einander die großen Abweichungen in den Zahlen bei denselben Pflanzen, und sie können dazu dienen, abermals zu beweisen, daß alle sogenannten mittleren Zahlen zur Zeit noch völlig unbrauchbar sind, so z. B. hat der Hafer nach Fresenius 183,50, nach Bouſſingault nur 108,0 Kilogr. Asche, der Klee nach Fresenius 587,43, nach Bouſſingault nur 310,2. Im Ganzen scheinen indeß dadurch die Verhältnisse unter den einzelnen Culturpflanzen nicht verändert zu werden, sondern nur die absoluten Zahlen; indeß läßt sich darüber nicht mit Sicherheit urtheilen, da Bouſſingault bei Erbsen, Bohnen, Kartoffeln, Runkeln u. s. w. das Kraut, welches auf dem Felde verbrannt wurde, nicht mit in Anschlag bringt. Wichtig werden uns diese Betrachtungen später bei der Betrachtung der Wechselwirthschaft werden.

Digitized by Google

Tabelle I. nach Bouſſingault.

Durch die verſchiedenen Kulturen zu Bechelbronn dem Boden entzogenen mineraliſchen Subſtanzen von einem Hectare.

Art der Ernte.	Trockene Ernte	Aſchen in 100 Theilen der Ernte.	Quantität von Aſche von einem Hectare.	Säuren.		Chlor.	Kalk.	Talkerde.	Kalk und Natron.	Kieſelerde.	Eiſenoxyd, Thonerde ꝛc.
				Phosphor-	Schwefel-						
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Kartoffeln	3085	4,0	123,4	13,9	8,8	3,3	2,2	6,7	63,5	6,9	18,8
Runkelrüben	3172	6,3	199,8	12,0	3,2	10,4	14,0	8,8	89,8	16,0	5,0
Stoppelrüben, nachgeerntet, halbe Ernte	716	7,6	54,4	3,3	5,9	1,6	5,9	2,3	20,6	3,5	0,7
Topinambur	5500	6,0	330,0	35,6	7,3	5,3	7,6	5,9	146,8	42,9	17,2
Weizen	1148	2,4	27,5	12,9	0,3	0,0	0,8	4,4	8,1	0,4	—
Weizenſtroh	2790	7,0	195,3	6,0	2,0	1,2	16,6	9,8	18,6	132,0	2,0
Hafer	1064	4,0	42,6	6,4	0,4	0,2	1,6	3,3	5,5	22,7	0,6
Haferſtroh	1283	5,1	65,4	1,9	2,7	3,1	5,4	1,8	18,9	26,2	1,4
Klee	4029	7,7	310,2	19,5	7,7	8,1	76,3	19,5	84,1	16 4	0,9
Erbſen, gedüngt . . .	998	3,1	30,9	9,3	1,5	0,3	3,1	3,7	11,7	0,5	Spuren
Schminkbohnen, im normalen Zuſtande . . .	1580	3,5	55,3	14,8	0,7	0,1	3,2	6,4	27,1	0,6	desgl.
Bohnen, im normalen Zuſtande	2121	3,0	63,6	21,8	1,0	0,5	3,2	5,5	28,7	0,3	desgl.

Digitized by Google

Tabelle II. nach Fresenius.

		Die Ernte von einer Hectare (durchschnittlich gerechnet) entzieht dem Boden in Kilogrammen:								Liefert Kilogramme:	
		Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlornatrium und Chlorkalium.	Stickstoffhaltige Substanzen.	Stickstofffreie Nahrungsstoffe.
Weizen im	Korn	8,71	3,32	1,03	4,41	18,32	2,34	0,22	—	316,8	768,5
	Stroh	23,84	—	11,90	—	1,99	18,24	129,13	5,77	69,7	989,7
	Ganzen	32,55	3,32	12,93	4,41	20,31	20,58	129,35	5,77	386,5	1758,2
Roggen im	Korn	6,14	1,88	1,06	2,72	11,84	1,58	0,42	—	197,1	871,2
	Stroh	15,25	—	8,03	2,13	3,38	6,12	57,21	0,73	46,0	1122,4
	Ganzen	21,39	1,88	9,09	4,85	15,22	7,70	57,63	0,73	243,1	1993,6
Gerste im	Korn	13,29	4,28	2,60	6,85	30,39	2,75	24,68	0,38	315,53	1341,1
	Stroh	55,64	2,10	19,04	8,91	8,08	31,02	116,21	23,51	81,40	2385,0
	Ganzen	68,93	6,38	21,64	15,76	38,47	33,77	140,89	23,89	396,93	3726,1
Hafer im	Korn	8,36	—	1,59	5,24	10,07	3,95	31,98	0,35	242,9	991,2
	Stroh	13,39	14,66	8,01	5,03	2,13	16,42	59,58	2,74	54,7	683,7
	Ganzen	21,75	14,66	9,60	10,27	12,20	20,37	91,56	3,09	297,6	1674,9
Mais im	Korn	5,80	5,80	0,48	6,37	18,74	?	0,29	—	386,0	?
	Stroh	22,51	61,56	19,77	15,53	39,94	1,64	63,10	8,00	?	?
	Ganzen	28,31	67,36	20,25	21,90	58,68		63,39	8,00	....	....
Hirse im	Samen	7,27	0,99	0,65	5,81	13,81	0,26	45,28	1,08	?	?
	Stroh	24,83	2,77	23,47	14,74	1,20	31,04	87,30	2,15	?	?
	Ganzen	32,10	3,76	24,12	20,55	15,01	31,30	132,58	3,23	....	....

Buchweizen im	Samen	2,89	6,64	2,20	3,43	16,53	0,72	0,22	—	128,7	779,6
	Stroh	6,63	—	14,06	25 81	5,76	4,33	2,79	3,13	?	?
	Ganzen	9,52	6,64	16,26	29,24	22,29	5,05	3,01	3,13	. . . .	. . . .
Erbsen im	Samen	10,13	2,02	1,49	2,38	9,36	3 03	0,14	0,60	258,8	553,0
	Stroh	14,40	7,20	55,87	10,65	12,38	14.13	22,32	8,06	376,5	659,2
	Ganzen	24,53	9,22	57,36	13,03	21,74	17.16	22,46	8,66	635,3	1212,2
Linsen im	Samen	10,56	**2,90**	1,92	0.75	11,02	3,13	0,40	2,31	340,0	635,9
	Stroh	12,38	—	60,14	3,50	14.1	1,16	20,22	2,42	?	?
	Ganzen	22,94	2,90	62,06	4,25	25,17	4,29	20,62	4,73	. . . .	. . . .
Feldbohnen im	Samen	24,27	7,44	4,20	5,81	27,44	3,14	0,82	0,94	494,2	1028,68
	Stroh	9,48	8,23	22,53	4.41	7.48	8,57	7,00	0,24	?	?
	Ganzen	33,75	15,67	26,73	10,22	34,92	11,71	7,82	1,18	. . . .	. . . .
Wicken im	Samen	9,29	3,00	1,45	2,58	11,57	1,25	0,61	0,60	?	?
	Stroh	46,12	—	49 82	8,25	7,13	3,11	11,25	3,47	?	?
	Ganzen	55,41	3,00	51,27	10,83	18,70	4,36	11,86	4,07	. . . .	. . . .
Runkelrüben	Rüben	111,30	4,27	19,95	12,54	17,13	7,50	22,82	24,25	612,0	4446,0
	Kraut	34 12	15,88	14,10	5,07	4,20	7,50	2,58	10,62	?	?
	im Ganzen . .	145,42	20,15	34,05	17,61	21,33	15,00	25,40	34,87	. . . .	. . . .
Weiße Rüben	Rüben	112,20	3,57	35,70	12,75	33,15	42,48	12 75	12,75	555 0	3540
	Kraut	21,14	1,50	18,27	5,32	1,13	10,29	4,40	2,33	?	?
	im Ganzen . .	133,34	5,07	53,97	18,07	34,28	52,77	17,15	15,08	. . . .	. . . .
Kartoffeln	Knollen	100,44	—	6,51	17,11	27,90	13,78	11,16	10,78	324,9	3996,0
	Kraut	2,26	1,13	32,48	5,38	6,45	4,74	33,68	2,57	90.4	?
	im Ganzen . .	102,70	1,13	38,99	22,49	34,35	18,52	44,84	13,35	615,3	. . . .
Raps im	Samen	19,02	1,39	11,48	9,84	36,08	24,11	0,65	0,08		
	Stroh	31,51	10 31	43,93	5,73	14,32	21,96	2,86	55,39		
	Ganzen	50,53	11,70	55,41	15.57	50,40	46,07	3,51	55,47	. . . .	. . . .

Digitized by Google

	Die Ernte von einer Hectare (durchschnittlich gerechnet) entzieht dem Boden in Kilogrammen:								Liefert Kilogramme:	
	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlornatrium und Chlorkalium.	Stickstoffhaltige Substanzen.	Stickstofffreie Nahrungsstoffe.
Hanf, ganze Pflanze	9,72	0,56	46,98	5,67	5,67	1.38	8,91	1,62	. . . .	. . . .
Flachs, ganze Pflanze	24,28	11,02	24,32	14,50	17,66	13,00	82,40	12,80	. . . .	. . . .
Tabak, Blätter u. Stengel . .	60,76	1,14	92,82	29,04	10,92	10,37	28,71	23,53	. . . .	. . . .
Rother Klee	144,00	119,23	158,40	47,80	36,28	18,36	28,80	34,56	926,0	5637
Wiesengras	64,42	0,30	53,23	21,29	16,07	18,20	93,77	12,80	401,0	3606

Drittes Capitel.

Abhängigkeit der Culturpflanzen von äußeren Verhältnissen.

§. 173. In vielfachen Beziehungen unterliegen die Culturpflanzen durchaus denselben Einflüssen, wie die wildwachsenden, und so wenig wie bei diesen, hat bei jenen der Mensch die geringste Gewalt über die Verhältnisse des Klimas, wie über die geognostischen Grundlagen des Culturbodens. Der Mensch kann hier nur die gegebenen Verhältnisse erkennen und sie benutzen, indem er sich ihnen anbequemt. Dagegen sind die Culturpflanzen in Bezug auf den eigentlichen Culturboden oder die Ackerkrume wesentlich in einer anderen Lage als die wildwachsenden, und gerade in dieser Beziehung ist auch die Thätigkeit des Menschen von entschiedenem Einfluß.

Zwei Verhältnisse sind es ganz besonders, wodurch sich die wilde Vegetation von der der Culturpflanzen unterscheidet: 1) bei den wildwachsenden Pflanzen wird die absterbende Generation immer wieder dem Boden einverleibt. Alle die unorganischen Bestandtheile, welche die Pflanzen aus dem Boden aufgenommen haben, kehren in denselben zurück und zwar in der günstigsten Form. Bei den Culturpflanzen hingegen werden dem Boden alljährlich große Mengen unorganischer Bestandtheile, und gerade die für die Vegetation ausschließlich wichtigen, mit der Vegetation entzogen, wodurch der Boden mit Nothwendigkeit in kurzer Zeit erschöpft sein muß, wenn ihm nicht Ersatz zugeführt wird; 2) durch die absterbenden Pflanzen wird der wilde Boden fortwährend reicher an Humus, und zwar um so mehr, da durch die fortwährende Bedeckung die Verwesung des Humus außerordentlich verlangsamt wird, während bei dem Culturboden durch das Hinwegnehmen der Ernte nicht nur die Vermehrung des Humus verhindert, sondern auch durch das Nacktliegen des Bodens und die öftere Umarbeitung, die Zerstörung des Humus, die Verwesung, außerordentlich beschleunigt wird.

Endlich könnten wir 3) noch erwähnen, daß bei der gemischten Mannichfaltigkeit der wilden Vegetation die unorganischen Bestandtheile des Bodens vollständig ausgenutzt werden können, während bei der Bedeckung des Culturbodens durch Eine Art die unorganischen Bestandtheile immer nur höchst einseitig in Anspruch genommen werden. Gleichwohl bedürfen die Culturpflanzen, gerade als solche, eines ungleich größeren Reichthums an unorganischen Bestandtheilen, und viele von ihnen, wie z. B. die Cerealien und Hackfrüchte, können sich ohne bedeutende Humusmengen nicht kräftig ernähren, weil der Boden von ihnen nur unvollständig bedeckt und daher den schädlichen Einflüssen der Atmosphäre ungleich mehr ausgesetzt

Digitized by Google

ist. Die genaue Betrachtung aller dieser Verhältnisse müssen wir dem Abschnitt über die Culturmethoden vorbehalten.

§. 174. Wir haben hier aber noch ein anderes Verhältniß in's Auge zu fassen, wodurch die Abhängigkeit der Culturpflanze von ihrem Boden wesentlich bedingt wird, und wodurch späterhin eigenthümliche Aufgaben für die Cultur bestimmt werden. Die Verbreitung der Pflanzen auf der Erdoberfläche oder ihre pflanzengeographische Vertheilung, wird durch das Zusammentreffen aller derjenigen Bedingungen, wovon das Gedeihen einer bestimmten Pflanzenart abhängig ist, bestimmt. Im Allgemeinen wird nun zwar auch der Anbau der Culturpflanzen von einer solchen pflanzengeographischen Bestimmung abhängig sein, wie sich das aus der folgenden Uebersicht ergiebt.

Jede Gegend in der am längsten cultivirten alten Welt hat ein Hauptbrotkorn, und zwar ist das diejenige Art von den Cerealien, welche bei dem vortheilhaftesten Ertrag überall cultivirt werden kann. So zieht sich von dem 56. Grade nördlicher Breite eine Linie quer durch Asien, welche sich immer mehr dem 60. Grade nähert, denselben ungefähr in der Gegend des Ladogasees durchschneidet, dann in Schweden fast den 66. Grad erreicht und die südliche Grenze der ersten Culturzone bildet. Wegen der gebirgigen Lage gehört dann noch ein Theil von Norwegen und Schottland zu derselben. Nördlich von dieser Linie, soweit überhaupt Cultur gegen den Pol vordringt, ist Gerste das eigentliche Brotkorn, und nur in den günstigsten Lagen wird noch Roggen gebaut. Eine zweite Linie verläuft in Asien fast auf dem 51. Breitengrade, steigt in Rußland und Deutschland etwas unter den 50. herab, geht dann durch Holland nach Norden und schneidet das südliche England und Irland ab. Zwischen dieser und der ersten Linie ist der Roggen das Hauptbrotkorn, und nur bei sehr günstigen Bodenverhältnissen mengt sich im Ganzen unbedeutend Weizen ein. Diese beiden Regionen haben außerdem noch eine eigenthümliche Mehlfrucht, besonders von der nördlichen Hälfte der Roggenzone an gegen den Pol, nämlich den Buchweizen. Im südlichen England, nördlichen Frankreich, mittleren Deutschland bis an die Alpen, in der nördlichen Türkei, dem südlichsten Rußland und dann durch Asien in einer breiten Zone herab bis nach Persien und Thibet ist Weizen das Hauptbrotkorn, dem nur auf rauheren Berggegenden Roggen an die Seite tritt. Endlich die ganze Umgebung des mittelländischen Meeres baut Weizen und Mais fast zu gleichen Theilen. Die Umgebung des rothen Meeres, die Nordküste des indischen Meeres und das nördliche Indien bauen Weizen und Reiß fast zu gleichen Theilen, endlich auf den beiden indischen Halbinseln, in China und auf Japan, ist Reiß das ausschließliche Brotkorn.

In allen den nördlichen Gegenden sind aber bekanntlich die Cerealien ein-

Digitized by Google

geführt und würden wenigſtens in Europa verſchwinden, wenn ſie nicht cultivirt würden. Ihre Anweſenheit daſelbſt und ihre geographiſche Vertheilung nach jenen Zonen ſagt weiter nichts, als daß ſie daſelbſt die paſſenden klimatiſchen Verhältniſſe gefunden haben. Nehmen wir aber auch an, die Pflanzen wären in dieſen Regionen natürlich einheimiſch, ſo würden bei Aufhören der Cultur dieſe Pflanzen doch von einem großen Theil der Oberfläche verſchwinden und ſich auf kleinere, vielleicht ſehr eng begrenzte Localitäten zurückziehen. Die Vertheilung der Pflanzen hängt keineswegs allein von den klimatiſchen Bedingungen ab. Die Zwecke, die wir bei der Pflanzencultur verfolgen, verlangen aber, daß wir eine Pflanze auch dort bauen, wo ſie von Natur nie wachſen würde, weil ſie von der Natur nicht alle Bedingungen gegeben findet. Wir müſſen daher bei unſeren Culturbeſtrebungen für die Culturpflanzen eine Menge Verhältniſſe ſchaffen, welche die Pflanze fordert, während die wildwachſende Pflanze ſolcher künſtlichen Hülfsmittel nicht bedarf, da ſie auf dem Boden, der ihr nicht Alles von ſelbſt bietet, überhaupt nicht vorkommt.

Digitized

Zweiter Abschnitt.

Die Culturmethoden.

§. 175. Die Bedingungen, von welchen das Leben der Pflanze abhängt, bestimmen uns die Aufgaben für unsere Thätigkeit: die Culturzwecke. Hier treten sich zwei Ideale einander gegenüber: das theoretische und das praktische Ideal. Die Aufgabe des ersteren würde sein, mit jeder einzelnen Thätigkeit durchaus nicht mehr als einen einzigen Culturzweck zu erreichen, und auf eine einzige Bedingung des Pflanzenlebens einzuwirken. Dadurch würden wir in den Stand gesetzt, den Grad unserer Thätigkeit genau abzumessen, und folglich mit dem zu erreichenden Zweck vollkommen in Einklang zu bringen. Diesem Ideal können und sollen wir nun nachstreben bei unseren Experimenten und Versuchen, und je mehr wir uns dabei dem Ideal nähern, desto sicherer können wir auf ein brauchbares Resultat rechnen.

Das andere ist das praktische Ideal. Durch die Pflanzencultur soll für die Hungrigen der Tisch gedeckt werden, je billiger um so besser, und daher ist hier die Aufgabe, durch ein und dieselbe Thätigkeit möglichst vielen Culturzwecken zu genügen, und auf möglichst viele Bedingungen zugleich einzuwirken. Dies hat denn den unzweifelhaften Nachtheil, daß bei der Mannichfaltigkeit der Bedingungen, auf welche sich unsere Thätigkeit erstreckt, bei dem ungleichen Grade, in welchem jeder einzelne Culturzweck erreicht wird, es außerordentlich schwierig wird, den Gesammterfolg unserer Thätigkeit im Voraus zu beurtheilen, und daß es große Umsicht und große Kenntniß erfordert, um die Erfolge im Ganzen mit der vorhergegangenen Einwirkung von unserer Seite in richtige Beziehung zu setzen.

Digitized by Google

Gewiſſermaßen kann ſich daher eine Theorie der Cultur nur kritiſch unterſuchend verhalten, indem ſie die einzelnen auf empiriſchem Wege nach und nach als nützlich erkannten Culturmethoden prüft und in möglichſter Vollſtändigkeit nachweiſt, auf welche Bedingungen des Pflanzenlebens ſie einwirkt, welche ſie erhöht, welche ſie erniedrigt. Die Aufgabe, welche wir hier zu löſen haben, zerfällt alſo in zwei Capitel: Erſtens in eine möglichſt vollſtändige ſyſtematiſche Ueberſicht aller der einzelnen Verhältniſſe, von denen das Gedeihen der Culturpflanzen abhängig iſt, und zweitens in eine ſorgfältige Prüfung, auf wie viele dieſer Bedingungen, in welcher Weiſe und in welchem Grade, eine jede einzelne Culturmethode verändernd einwirkt.

Erſtes Capitel.

Ueberſicht aller der Verhältniſſe, von denen das Gedeihen der Culturpflanzen abhängt.

I. Verhältniſſe, welche nicht in der Gewalt des Menſchen liegen.

§. 176. Für unſern gegenwärtigen Zweck iſt ohne Zweifel die beſte Eintheilung der Vegetationsbedingungen in ſolche, welche der Menſch durch ſeine Thätigkeit ganz nach Willkür geben und nehmen, oder die er doch weſentlich verändern kann, und in ſolche, auf welche er entweder durchaus keinen oder doch nur einen höchſt indirecten Einfluß hat. Nichts deſto weniger iſt eine genaue Kenntniß dieſer letzteren außerordentlich wichtig, ja unerläßlich, weil davon gewöhnlich die erſte Frage nach der Möglichkeit der Cultur abhängig iſt.

Dieſe letzten Verhältniſſe können wir füglich unter drei Geſichtspunkte zuſammenfaſſen, welche eine genauere Erörterung verdienen: Klima, Atmoſphäre und geognoſtiſche Unterlage oder Untergrund.

A. Das Klima.

§. 177. Die Abhängigkeit der Pflanzen von klimatiſchen Einflüſſen liegt zu offen vor Augen, als daß ſie bezweifelt werden könnte. Gleichwohl iſt dieſer Punkt keineswegs immer genügend berückſichtigt worden. Nichts würde wichtiger ſein für den Landmann, als mit allen Hülfsmitteln der

Digitized by Google

Wiſſenſchaft und mit ſtrenger Gewiſſenhaftigkeit fortgeführte meteorologiſche Tagebücher. Eine genaue Ueberſicht von 50 Jahren könnte mit Hülfe weniger pflanzenphyſiologiſcher Kenntniſſe genügen, um den Werth eines Gutes, die mögliche Menge ſeiner Producte, und mit Hülfe einiger geognoſtiſchen Kenntniſſe ſelbſt die Art der Producte genau zu beſtimmen. Für unſer Klima iſt der Unterſchied in der Vegetation zwiſchen begünſtigenden und ungünſtigen Jahren ſo auffallend, daß die Vegetation in den beſten Jahren ganz die Ueppigkeit eines bei Weitem wärmeren Himmelſtrichs annehmen, in den ſchlechteſten Jahren aber auch faſt völlig vernichtet werden kann. Der Unterſchied zwiſchen dem Product eines und deſſelben Bodens im beſten und im ſchlechteſten Jahre iſt ungleich bedeutender, als der Unterſchied in dem Ertrag des beſten und ſchlechteſten Bodens.

Je weiter wir gegen den Aequator oder gegen die Pole vorſchreiten, ein deſto regelmäßigeres Klima finden wir. Gerade die gemäßigte Zone, welche wir bewohnen, hat eine Mannichfaltigkeit der Witterungserſcheinungen, welche ſie bald viel nördlicheren, bald viel ſüdlicheren Gegenden gleichſcheinen läßt. Wie auf der einen Seite dadurch der Pflanzencultur Schwierigkeiten erwachſen, weil man natürlich einem ſich regelmäßig wiederholenden Gange der Witterung leichter ſich anbequemen kann, als den beſtändig wechſelnden und gar nicht zu berechnenden, ſo hat auf der andern Seite dieſer mannichfaltige Wechſel der Witterungserſcheinung auch wieder den Vortheil, daß eine größere Mannichfaltigkeit der Culturen nothwendig und möglich wird. Man vergleiche nur die Einförmigkeit der Landwirthſchaft im ſüdlichen Europa oder in der oben erwähnten nördlichen Zone der Gerſtencultur mit der außerordentlich reichen Auswahl von Culturpflanzen, an denen der deutſche Landwirth ſich verſucht und verſuchen muß, um jedem, dem günſtigſten wie dem ungünſtigſten Wechſel der Witterung, doch noch ein erträgliches oder gar lohnendes Product abzugewinnen. Dieſe Mannichfaltigkeit der Culturen iſt es nun, welche einer Seits dem deutſchen Landwirth einen größeren Horizont giebt, und eine größere, geiſtige Beweglichkeit anbildet, anderer Seits an ihn aber auch die Anforderung ſtellt, mit einer ungleich größeren Menge gründlicher naturwiſſenſchaftlicher Kenntniſſe an ſeine größere Aufgabe heranzutreten.

Die meteorologiſchen Entwickelungen im zweiten Bande dieſes Werks haben zur Genüge dargethan, daß es mit den Wetterprophezeihungen für unſere Gegenden eine mißliche Sache iſt. Vielleicht läßt ſich bei genauer Localkenntniß, bei ſorgfältiger Beachtung aller einzelnen Naturerſcheinungen an einer beſtimmten Localität, das Wetter zuweilen mit Sicherheit auf ein oder ein paar Tage vorherſagen, aber den Witterungscharakter eines

Digitized by Google

Jahres im Ganzen, wovon doch allein das Gedeihen unserer Culturpflanzen abhängig ist, kann Niemand vorausbestimmen.

Viel wichtiger, als sich nach Wetterregeln umzusehen, wäre es zunächst, lange Zeit hindurch geführte Tagebücher über die Witterungserscheinungen anzulegen. Daß auch die *scheinbare* Regellosigkeit unseres Klimas ganz bestimmten Naturgesetzen unterworfen ist, versteht sich von selbst. Wir werden aber diese Naturgesetzmäßigkeit zuerst darin erkennen lernen, daß in bestimmten Perioden die Jahre von verschiedenem Witterungscharakter sich nach bestimmten Zahlenverhältnissen vertheilen; aber sehr lange wird es währen, bis wir dahin gelangen, daß wir für dieselben eine bestimmte Reihenfolge wahrnehmen und feststellen können.

Aber auch schon mit dem Ersten ist unendlich viel gewonnen. Weiß ich mit Sicherheit, daß ich unter 10 Würfen mit Würfeln, dreimal einen Pasch, fünfmal eine hohe Zahl und zweimal eine ganz niedrige werfe, so kann ich danach meinen Satz so ordnen, daß ich mit Sicherheit gewinne, weil ich im Voraus den unvermeidlichen Verlust mit in Rechnung bringen kann. Ein solches Würfelspiel könnte der Landmann den Witterungserscheinungen gegenüber spielen, wenn ihm durch lange andauernde Beobachtungen das numerische Gesetz für die Wechselfälle gegeben wäre.

Da die sämmtlichen Witterungserscheinungen sich in und durch unsere Atmosphäre geltend machen, so können wir die Betrachtung des Einzelnen zweckmäßiger dem Folgenden überlassen.

Eine wichtige Bemerkung sei hier nur noch gestattet. Wenn im All- §. 178.
gemeinen der Mensch allerdings keinen verändernden Einfluß auf die meteorologischen Verhältnisse unserer Erde ausüben kann, so kann er doch indirect die Witterungserscheinungen an einem einzelnen bestimmten Orte wesentlich verändern. Man erinnere sich nur an einen Ausspruch des *Tacitus*, der von dem südlichen Deutschland und den Rheingegenden sagte, daß dort niemals eine Kirsche, geschweige denn eine Traube reifen würde.

Die Vertheilung der Witterungserscheinungen im Allgemeinen hängt nämlich wesentlich ab von der Bedeckung des Bodens. Ganz anders gestaltet sich das locale Wetter auf oder in der Nähe großer Wasserbecken, ganz anders auf dürren Sand- oder Steinebenen, ganz anders über dicht bewachsenen Waldflächen. So abhängig wie die Pflanze von Feuchtigkeit und Trockenheit, von Ruhe und Bewegung der Atmosphäre ist, so wesentlich wirkt auch sie in ihren größeren Massen wiederum verändernd auf diese Zustände der Atmosphäre ein. Das Ausroden der Wälder hat einen ganz entschiedenen Einfluß auf die localen Witterungserscheinungen. Bis zu einem gewissen Grade ist dieser Einfluß entschieden ein vortheilhafter. Er macht das Klima wärmer, und ihm verdanken wir die Möglichkeit, in

Digitized by Google

dem früher rauhen und feuchten Rheinthal den edlen Rüdesheimer und Johannisberger ziehen zu können.

Ueber diese Grenze hinaus macht sich aber auch beim Ausroden der Wälder ein furchtbarer Nachtheil bemerkbar, der besonders den Landbau trifft. Die dichte Humusdecke, mit dem ein Wald den Boden überzieht, und die Abhaltung der Sonnenstrahlen vom Boden, erhalten diesem nämlich die Feuchtigkeit, welche ohne das sich in wenigen Tagen oder Wochen durch die Flüsse ins Meer ergießen würde. Das Versiegen der Quellen, das Austrocknen der Flüsse, und furchtbare, nur zerstörende, aber nicht Segen bringende, bei den ersten Strahlen der Frühlingssonne durch die Flußthäler sich herabwälzende Wassermassen sind die unvermeidlichen, unglücklichen Folgen des unvorsichtigen Vernichtens der Wälder, besonders in den Quellengebieten. Dadurch ist der sonst so wasserreiche und stark bevölkerte Orient eine halbe Wüste geworden, daher schreibt sich der dürre und trockene Sommer Griechenlands und Italiens, welcher den früher so reichen Kleebau fast ganz unmöglich gemacht hat. Daraus endlich erklären sich die jetzt alljährlich im Frühjahr so entsetzlich verheerend auftretenden Ueberschwemmungen der sonst so ruhigen Rhone. Leicht ließen sich diese Beispiele vermehren, aber sie genügen schon, um die ernste Mahnung zu rechtfertigen: »schonet der Wälder, besonders in den Quellengebieten, Eurer selbst, aber noch mehr Eurer Kinder und Enkel wegen!«

B. Die Atmosphäre.

§. 179. Die Pflanze, mit ihrer Wurzel in den Boden sich einsenkend, Stengel und Blätter in der Luft ausbreitend, ist ein Kind von Beiden. Die wichtigsten Bedingungen ihres Gedeihens liegen in Boden und Atmosphäre, und die wichtigste Aufgabe bleibt die, die verschiedenen Einflüsse, von denen die Pflanze abhängt, richtig unter Atmosphäre und Boden zu vertheilen.

Da die Producte jeder Zerstörung organischer Substanzen flüchtig sind, so ist die Atmosphäre zunächst die große Vorrathskammer für die organischen Nahrungsstoffe der Pflanzen, also für Wasser, Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoffgas und vielleicht auch Phosphorwasserstoffgas. Damit ist aber nicht gesagt, daß die Pflanze diese Substanzen auch unmittelbar aus der Atmosphäre sich aneignet, vielmehr haben wir in dem ersten Buche dieses Werkes nachgewiesen, daß die Pflanze höchst wahrscheinlich ihren gesammten Nahrungsbedarf mit dem Wasser aus dem Boden aufnimmt. Zwar wirkt hier der Boden, wie jeder poröse Körper, anziehend auf die genannten Bestandtheile der Atmosphäre, vorzugsweise ist es jedoch das Wasser, wodurch sie dem Boden und damit den Pflanzen-

Digitized by Google

wurzeln zugeführt werden. Die Verhältnisse des Wassers in der Atmosphäre und des atmosphärischen Wassers zum Boden sind also für das Pflanzenleben bei Weitem die Wichtigsten. Wenn wir eine Reihe regenarmer Sommer mit der Fruchtbarkeit vergleichen, so werden wir einen großen Unterschied finden nach der Verschiedenheit der herrschenden Winde. Bei vorherrschendem Süd- und Südwestwinde machen sich die schädlichen Folgen des Regenmangels lange nicht so fühlbar als bei Nord- und Nordostwinden. Die letzteren sind nämlich trocken, jene dagegen führen eine große Menge Wasserdampf mit sich. Nun haben wir aber früher gesehen, daß den Pflanzen nur der geringste Theil ihres Wasserbedarfs durch die tropfbar flüssigen Niederschläge, der bei Weitem größere Theil dagegen durch die Absorbtion des Wasserdampfs der Atmosphäre zugeführt werden muß. Die Regen sind daher nicht sowohl durch die Quantität des Wassers, welches sie herabschütten, als vielmehr deshalb wichtig, weil sie Zeichen für die nahebei völlige Sättigung der Atmosphäre mit Wasserdampf sind.

Eins der merkwürdigsten Beispiele hierfür ist die Vegetation an den Küsten von Peru. Der Boden dieser Gegend, welcher sich durch 18 Breitengrade erstreckt, ist ein so feiner Flugsand, daß er im Sommer vor dem Winde 20 Fuß hohe halbmondförmige, fortrückende und sich überstürzende Wellen bildet, oder in 80 bis 100 Fuß hohen, vom Winde getriebenen Säulen sich erhebt. Vom Mai an zieht sich während 6 Monate zwischen 9 und 10 Uhr Morgens ein ganz dünner Nebelschleier von der Küste ins Land, welcher bis 3 Uhr Nachmittags andauert. Beim Eintritt des Nebels nehmen die Hügel der Wüste, wie mit einem Zauberschlage den Charakter des blühendsten Gartens an, und dienen nun während fast eines halben Jahres zahlreichen Rindvieh- und Pferdeheerden zur üppigsten Weide. Wirklicher Regen fällt in diesen Gegenden oft nur einmal in fünf Jahren für eine kurze Zeit.

Es scheint, daß für den Keimungsproceß aus oben schon entwickelten Gründen häufigerer Regenfall sehr günstig ist. Zur Zeit der Blüthe dagegen ist besonders starker Regen entschieden nachtheilig, weil er den Blüthenstaub wegschwemmt, die Narben abwäscht und oft auch noch die Blüthen zwingt, längere Zeit in einer dem Befruchtungsproceß ungünstigen Stellung zu verharren.

Man hat dem Regen auch wohl das Verdienst zugeschrieben, dem Boden eine gewisse Menge unorganischer Salze zuzuführen und hat sie in günstigen Verhältnissen selbst bis 86 Pfund auf den Morgen berechnen wollen. Man hat nicht bedacht, daß das fallende Regenwasser wenigstens zur Hälfte in die Tiefe versinkt, um die Quellen zu speisen oder unmittelbar vom Boden in die Bäche und Flüsse abfließt, daß es hierbei nicht allein die auflöslichen Salze mit sich fortnimmt, sondern auch solche Men-

Digitized by Google

gen unorganiſcher Stoffe wegſchwemmt, wie jeder Blick auf einen Fluß nach großen Regengüſſen beweiſt, daß oft zehnjährige Regen nicht im Stande ſein würden, das zu erſetzen, was ein einziger ſtarker Regenguß dem Boden genommen. Wenn der im ganzen Jahre fallende Regen demſelben wirklich 86 Pfund Salze zuführte, und wir nur die Hälfte des während der vier Sommermonate fallenden Waſſers als für die Speiſung der Quellen abfließend anſehen und dem Quellwaſſer einen durchſchnittlichen Gehalt von 5 Gran Salz im Pfunde zuſchreiben, ſo ſind dem Boden dadurch allein über 400 Pfund auflöslicher Salze mehr entzogen worden, als zugeführt. So vortheilhaft für die Wieſen eine Bewäſſerung mit gutem Quellwaſſer iſt, ſo ſicher würde eine Bewäſſerung mit Regenwaſſer, wenn ſie möglich wäre, auch die beſte Wieſe in einem Jahre ruiniren.

Von einer gewiſſen Zeit an, ſobald nämlich die Samen ihre vollſtändige Größe erreicht haben, ſcheinen alle einjährigen Pflanzen und Pflanzentheile von der weiteren Zufuhr des Waſſers völlig unabhängig zu ſein, ſo z. B. fängt der Stengel der Getreidearten ſchon an, von unten herauf abzuſterben, lange ehe das Korn im Innern vollſtändig ſeine chemiſche Ausbildung erreicht hat.

Von großer Bedeutung für das Pflanzenleben ſind auch die Bewegung und der Druck der Atmoſphäre. Können wir auch den Einfluß dieſer beiden Verhältniſſe noch nicht auf Zahlen zurückführen, ſo iſt doch ihre Einwirkung auf die Ernährung der Pflanzen unläugbar, indem der Verdunſtungsproceß und die Gasausſcheidung mit von ihnen abhängig ſind. Bei völliger Windſtille kann ſich der von den Pflanzen ausgehauchte Waſſerdampf nur ſehr langſam in der Atmoſphäre vertheilen, es wird daher bald ein Zeitpunkt eintreten, in welchem die Luft in der unmittelbaren Umgebung der Pflanze vollſtändig mit Waſſerdampf geſättigt iſt. Damit hört aber jede Verdunſtung und folglich auch die Aufnahme und die Ernährung auf. Auf der anderen Seite wird durch Bewegung der Luft, welche fortwährend den ausgehauchten Waſſerdampf fortführt und die Pflanze mit trockener Luft in Berührung bringt, der Verdunſtungsproceß auffallend beſchleunigt. Deshalb wirkt eine Zeit der Dürre ungleich ſchädlicher beim Winde, namentlich bei trockenem Oſtwinde, als bei völliger Windſtille. Nicht minder gewiß iſt, daß die Gasausſcheidung, ſowie die Gasaufnahme weſentlich vom Druck der Luft abhängt. Das Wenige, was wir darüber wiſſen, iſt indeſſen ſchon in früheren Abſchnitten erörtert worden.

Eines der wichtigſten Verhältniſſe der Atmoſphäre für das Gedeihen der Pflanze iſt die Wärme. Was wir bis jetzt darüber wiſſen, iſt bereits Seite 160 und folgende dieſes Bandes zuſammengeſtellt worden.

Digitized by Google

Auch hier fehlt es uns durchaus an allen gründlichen und lange genug fortgesetzten Beobachtungen für die Culturpflanzen, um das Gesetz, welches sich bestimmt uns ankündigt, für die einzelnen Pflanzen in Zahlen aussprechen zu können. So viel sehen wir mit Sicherheit ein, daß eine jede einzelne Pflanze, wenn sie sich gesund und kräftig entwickeln soll, für jeden Abschnitt ihres Lebens ganz bestimmter Temperaturen bedarf, und gewiß würden wir in vielen Fällen im Stande sein, aus dem bei unzulänglicher Wärme vor sich gegangenen Keimungsproceß mit Sicherheit eine Mißernte vorauszusagen, wenn uns die Zahlen im Einzelnen durch Beobachtungen bekannt geworden wären. Es braucht aber nicht erst erwähnt zu werden, daß irgend ein Uebel, welches ich mit Sicherheit vorhersagen kann, so daß mir Zeit bleibt, auf Abhülfe zu denken, den größten Theil seiner Schädlichkeit verloren hat. Wie wichtig dieses Verhältniß ist, sehen wir z. B. am Weinstock, der noch sehr üppig in Gegenden vegetirt, wo er wegen zu niedriger Temperatur nur selten zur Blüthe und niemals zur Fruchtreife kommt.

§. 180. Einen eigenthümlichen Einfluß äußert die Temperatur der Atmosphäre noch in ihrer Verbindung mit der Feuchtigkeit. Auch hier fehlt es uns leider an einzelnen Beobachtungen. Höhere Temperatur mit größerer Feuchtigkeit begünstigt auffallend die Blattbilduug, daher heiße und nasse Sommer so vortheilhaft auf den Anbau der Futterkräuter wirken. In der heißen und feuchten Umgegend von Veracruz in Mexico baut man Roggen und Weizen, aber nur als Grünfutter, denn diese Gräser bilden dort zwar die üppigsten Wiesen, kommen aber niemals zur Bildung von Blüthe und Frucht. Trockene und kühle Luft scheinen dagegen vorzugsweise günstig auf die Entwickelung der Stengelgebilde und namentlich auf den Verholzungsproceß zu wirken, weshalb das Holz von trockenen und kühlen Standorten immer werthvoller ist, als das von feuchten. Vielleicht damit zusammenhängend ist, daß, wie wir bei der Cultur der Gurken, Melonen und dergleichen wahrnehmen, große Feuchtigkeit und hohe Temperaturen fast nur männliche Blüthen hervorrufen, also die Entwickelung der Staubfaden befördern, während die entgegengesetzten Verhältnisse auf eine reichlichere Ausbildung von Fruchtknoten, also auf Frucht- und Samenbildung wirken.

§. 181. Bekannt ist und ebenfalls früher schon erörtert, daß das Licht von außerordentlichem Einfluß auf die Vegetation der Pflanzen ist. Wir werden die Ueppigkeit der Vegetation unter dem ewig heiteren Himmel und in der durchsichtigen Atmosphäre der Tropenwelt, wie viele Eigenheiten in der Vegetation der Alpenpflanzen gewiß einmal, wenigstens theilweise von der größeren Intensität der Lichtwirkung ableiten können. Es ist bekannt, wie sehr die Entwickelung von Schimmelbildung durch intensives

Digitized by Google

Licht gehindert wird. In neuerer Zeit haben angeſtellte Verſuche bewieſen, daß Mooſe und Lebermooſe nur dann zum Fruchttragen zu bringen ſind, wenn man das eigenthümliche Licht ihres Standortes im Walde nachahmt, indem man ſie mit paſſend grün gefärbten Glasglocken bedeckt. Im Einzelnen müſſen wir auch hier an die Zukunft appelliren.

§. 182. Die Einwirkung der Elektricität der Atmoſphäre auf die Pflanzen iſt nun vollends in Dunkel gehüllt. Daß ſie vielfach in das Leben der Pflanze eingreift, kann keinem Zweifel unterworfen ſein. Schon die auffallende Wirkung, welche ein Gewitterregen auf die Pflanzen ausübt, ſcheint mit der gefallenen Menge des bloßen Waſſers in keinem Verhältniſſe zu ſtehen. Man muß indeß wohl bedenken, daß hier zur Zeit noch keine gemeſſene oder auch nur meßbare Thatſachen vorliegen. Die ganze Lehre von der Einwirkung der Elektricität auf die Vegetation der Pflanzen entbehrt faſt aller wirklichen Beobachtungen, iſt aber reich an unverbürgten Gerüchten und alten Sagen. So erzählt man ſich, daß ein Gewitter oder ſelbſt nur Wetterleuchten während der Blüthe die Befruchtung verhindere, oder wie man ſagt, die Blüthen taub mache. Bis jetzt exiſtirt keine ſichere Beobachtung, welche eine ſolche Angabe zu begründen im Stande wäre, wohl aber kann, wie wir oben ſchon erwähnten, ein beim Gewitter fallender Regen ohne Rückſicht auf die Elektricität die Befruchtung der Pflanzen unmöglich machen. Vor einigen Jahren verbreitete ſich das Gerücht, daß man einen Acker zum höchſten Grad der Fruchtbarkeit bringen könne, wenn man durch zweckmäßig angebrachte hohe Blitzableiter dem Boden die atmoſphäriſche Elektricität zuführe. Die Sache iſt, wie ſo viele ähnliche fabelhafte Projecte, ohne Nachhall verklungen, kurz wir können die Elektricität wohl mit unter die Bedingungen des Pflanzenlebens zählen, aber ohne zur Zeit das Wie angeben zu können.

C. Die geognoſtiſche Grundlage des Culturbodens.

§. 183. Sowie Klima und Atmoſphäre, gehören auch die geognoſtiſchen Verhältniſſe zu denjenigen, welche der Menſch bei gründlicher Kenntniß wohl benutzen, die er aber niemals ſchaffen kann. Indeß iſt es gerade bei den geognoſtiſchen Verhältniſſen doch unter gewiſſen Umſtänden möglich, wenigſtens verändernd auf dieſelben einzuwirken. Wir haben die geognoſtiſche Grundlage oder den Untergrund in mannichfacher Beziehung zu betrachten. Zunächſt hinſichtlich ſeiner Lagerungsverhältniſſe, ſodann hinſichtlich ſeiner mechaniſchen Mengung und endlich in Bezug auf ſeine chemiſche Natur. Faſt keine ſeiner Eigenſchaften giebt ihm einen abſoluten Werth, ſondern nur in ihrem Zuſammentreffen mit anderen, oft nur in ihrem Verhältniß zur Ackerkrume und ſelbſt zum Klima.

Digitized by Google

Hinsichtlich der Lage sind sanfte Neigungen gegen Südwesten in der §. 184.
Regel die vortheilhaftesten. Je tiefer die Lage unterhalb der benachbarten Höhenpunkte ist, desto reicher kann die Ackerkrume werden, weil sie die Verwitterungsproducte der höher gelegenen Gesteinsmassen empfängt. Sehr starke Neigungen lassen das Wasser zu leicht abfließen und befördern daher ein Auslaugen der Ackerkrume bei jedem Regenguß. Bei sehr wasserhaltender Ackerkrume ersetzt daher sehr starke Neigung einen durchlassenden Untergrund. Endlich kann starke Neigung selbst bei felsigem Untergrunde unter übrigens günstigen Umständen die Tiefe der Ackerkrume ersetzen und Pflanzen mit tief gehenden Pfahlwurzeln das Wachsen möglich machen. Bei dürrem, leicht austrocknendem Boden können nördliche Abhänge den Vorzug vor südlichen gewinnen. Jeder Boden überhaupt verändert sich am schnellsten hinsichtlich seiner Fruchtbarkeit, je länger und je stärker er dem Einflusse der Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Deshalb vertragen stark nach Süden geneigte Waldflächen am allerwenigsten das völlige Kahlschlagen und bieten der Wiederbestandung, wenn sie einmal eine längere Zeit kahl gelegen haben, die größten Schwierigkeiten dar.

Natürlich ist die geognostische Grundlage der Ackerkrume von außer- §. 185.
ordentlich verschiedener Wirkung nach ihrer mechanischen Zusammensetzung. Feste Felsmassen, besonders hart und unverwitterbar, sind die unvortheilhaftesten, weil sie der Verbesserung des Bodens, so weit sie die Vertiefung der Ackerkrume betrifft, eine absolute Grenze setzen. Ebenso unvortheilhaft sind Massen groben Gerölles, weil ihnen die Fähigkeit abgeht, die aus der Ackerkrume ausgelaugten Flüssigkeiten festzuhalten und durch Haarröhrchenanziehung der Ackerkrume wiederzugeben. Die vortheilhaftesten Verhältnisse geben im Allgemeinen die aus Sand, Thon, Mergel u. dergl. bestehenden, massig angelagerten Diluvial- und Alluvialgebilde. Am wenigsten vortheilhaft ist hier der Sand, wenn er nicht in gewisser Tiefe die durch Lagerungsverhältnisse bedingte natürliche und dauernde Feuchtigkeit hat. Uebrigens machen diese Aggregationsformen eine Vertiefung der Ackerkrume bis ins Unendliche möglich. Die nächste Stelle nehmen dann leicht verwitterbare, und auch unter der Ackerkrume leicht zerfallende Gesteinsmassen ein.

In chemischer und vom Chemismus meistentheils bedingter physika- §. 186.
lischer Beziehung ist die geognostische Grundlage von der höchsten Wichtigkeit. Von ihr hängt zunächst der ganze Reichthum des Culturbodens ab, der ja aus ihr durch Verwitterung und Beimischung von organischen Bestandtheilen entstanden ist. Hier ist der vortheilhafteste Untergrund immer der, welcher am reichsten an den wichtigen Mineralbestandtheilen ist und sie am leichtesten in Freiheit setzt. Unter übrigens gleichen Umständen werden daher vulcanische Boden, die vulcanische Asche, Lava, Ba-

Digitized by Google

ſalt die ausgezeichnetſten ſein. Dieſen ſchließen ſich die feldſpathreicheren Porphyre und Granite an und endlich folgen die thonreicheren geſchichteten Gebirgsarten. Ganz reiner Sand und thonfreier Kalk ſind immer in dieſer Beziehung die dürftigſten. Hinſichtlich der Leichtigkeit der Verwitterung ſind die ſtark geneigten und beſonders vielfach gebrochenen Schichten der geognoſtiſchen Grundlage günſtiger als die horizontal liegenden Schichten, weil erfahrungsmäßig an den abgebrochenen Enden der Schichten oder den ſogenannten Schichtenköpfen die Verwitterung am ſchnellſten fortſchreitet. Von der chemiſchen Zuſammenſetzung und der daraus folgenden Art der Verwitterung hängen dann auch größtentheils die phyſikaliſchen Eigenſchaften des Untergrundes ab. Dieſe concentriren ſich faſt alle in ſeinem Verhalten zum Waſſer, indem vorzüglich davon ſeine Fähigkeit, auf die Ernährung der Pflanzen zu wirken, und ſeine Erwärmungsfähigkeit abhängig iſt. Insbeſondere in dieſer Beziehung beſtimmt ſich der Werth nur im Verhältniß zur Ackerkrume. Je lockerer und durchlaſſender dieſelbe iſt, deſto wichtiger iſt es, daß der Untergrund die entgegengeſetzten Eigenſchaften habe und umgekehrt. Daß dieſes Verhältniß weſentlich durch die Neigung des Bodens motivirt wird, iſt ſchon oben bemerkt.

Manche Einzelheiten können erſt ausführlicher in dem Folgenden beſprochen werden.

II. Verhältniſſe, welche ganz in der Gewalt des Menſchen liegen.

§. 187. Alles hierher Gehörige ordnet ſich unter die Betrachtung des Culturbodens oder der Ackerkrume. Von ihr hängt am unmittelbarſten das Gedeihen der Pflanze ab. Eine Ackerkrume kann der Menſch, wo ſie nicht vorhanden, bilden, kann ſie mit wenigen Ausnahmen in allen ihren Eigenſchaften verändern. Hier iſt es aber nun vor Allem wichtig, daß wir ſorgfältig alle einzelnen Eigenſchaften trennen und ihren verſchiedenen Einfluß auf das Gedeihen der Culturpflanzen betrachten. Wir unterſcheiden hier zunächſt die phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften des Bodens.

A. Phyſikaliſche Eigenſchaften der Ackerkrume.

a. Maſſe und Aggregatzuſtand.

§. 188. Es kann im Allgemeinen keinem Zweifel unterliegen, daß unter übrigens gleichen Verhältniſſen die Vorzüglichkeit der Ackerkrume in geradem

Digitized by Google

Verhältniß zu ihrer Tiefe steigt und fällt. Ein amerikanischer Urwaldboden, der oft bis zur Tiefe von 100 Fuß aus der humusreichsten Krume besteht, kann mehrere Jahrhunderte hindurch bei der geringfügigsten Bearbeitung und ohne alle Düngung die erschöpfendsten Ernten, z. B. an Tabak, tragen. Gewöhnlich nimmt man eine 6 Zoll tiefe Ackerkrume als eine mittlere an. Weniger nennt man einen seichten, mehr einen tiefen Boden. Der Vertiefung der Ackerkrume durch menschliche Thätigkeit wird nur durch anstehendes hartes Gestein oder durch das Niveau des Wassers eine absolute Grenze gesetzt.

Die einzelnen Pflanzen hängen indessen auch in dieser Beziehung von ganz bestimmten Verhältnissen ab. Bei jeder Pflanze steht die Entwickelung der Wurzeln in einem ganz bestimmten Verhältniß zur Natur der Pflanze. Nicht nur die Menge und Größe der Wurzeln, sondern auch die Richtung derselben können nicht ohne Nachtheil für den Wachsthum der Pflanze verändert werden. Im Allgemeinen entwickeln mehrjährige und perennirende Pflanzen größere und stärkere Wurzeln als einjährige. In beiden Classen macht sich aber auch noch der Unterschied geltend, ob die Wurzeln gerade in die Tiefe gehen, oder sich mehr horizontal ausbreiten. So z. B. gedeihen der weiße Bergklee und die Esparsette bei weitem besser in einer seichten Krume; Luzerne und Klee dagegen gedeihen nur in einer tiefen. Pflanzen mit flach sich ausbreitenden Wurzeln stehen aber, weil sie ein größeres Areal in Anspruch nehmen, niemals so dicht, als Pflanzen mit tiefgehenden Wurzeln, und dieses gilt auch für die tiefwurzelnden Pflanzen, wenn sie gezwungen werden, auf zu feuchtem Boden zu wachsen und ihre Wurzeln flach auszubreiten. Daher kann man auf tiefer Krume immer dichter säen als auf flacher.

Es liegt auf der Hand, daß alle übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens durch die Tiefe oder Seichtigkeit erhöht oder erniedrigt werden. Durch die gehörige Tiefe der Ackerkrume können allein manche Nachtheile, die aus einer fehlerhaften Beschaffenheit des Untergrundes hervorgehen, gänzlich aufgehoben werden, indem die Wirkung der letzteren nur durch eine gewisse Dicke der sie deckenden Schicht sich erstrecken kann. Der Boden in den südlichen Staaten von Nordamerika ist z. B. größtentheils so tief, daß er von der Beschaffenheit des Untergrundes gänzlich unabhängig ist, sowie Aehnliches für manche Gegenden in Ungarn gilt.

Außer der absoluten Tiefe ist aber auch die Zusammensetzung des Bo- §. 189.
dens aus den verschiedenen Gemengtheilen von großer Wichtigkeit, selbst ohne daß wir auf ihre chemische Natur Rücksicht nehmen. Zwischen dem ganz lockeren Flugsand, wie er z. B. in der Umgegend von Berlin vorkommt, den unter ungünstigen Umständen einmal ein Sturmwind sammt

Digitized by Google

der Einſaat fortweht, bis zum ſchweren Boden von plaſtiſchem Thon, den die Sommerhitze faſt in Stein verwandelt, giebt es unzählige Abſtufungen, welche durch die Feinheit oder Grobheit ihrer Gemengtheile die verſchiedene Lockerheit des Bodens bedingen. Ein gewiſſer Grad der Lockerheit iſt hier unbedingt nöthig, weil der Boden ſonſt den Pflanzenwurzeln zu große Hinderniſſe in den Weg legt. Ein gewiſſer Grad der Feinheit der Gemengtheile iſt ebenfalls nothwendig, weil ſonſt ein Feſthalten der Feuchtigkeit und der vom Waſſer aufgenommenen Nahrungsbeſtandtheile der Pflanze unmöglich wird. Uebrigens hat aber die Lockerheit und die Größe der einzelnen Gemengtheile oder das Korn nur einen Werth im Verhältniß zu den chemiſchen und phyſikaliſchen Eigenſchaften des Bodens. Ein größeres Korn vergrößert die Lockerheit, vermindert die Bindigkeit und vermindert die waſſerhaltende Kraft. Größere Steine befeſtigen aber auch den zu lockeren Boden und ſchützen ſeine Oberfläche durch Beſchattung gegen zu ſchnelles Austrocknen. Wo das Eine oder das Andere vortheilhaft iſt, läßt ſich natürlich nur unter Berückſichtigung aller übrigen Verhältniſſe beurtheilen.

b. Erwärmungsfähigkeit und wärmehaltende Kraft des Bodens.

§. 190. Schon früher iſt ausführlich entwickelt, wie die Pflanzen zu ihrem Gedeihen außer einer beſtimmten Lufttemperatur auch eine ganz beſtimmte Bodenwärme verlangen. Nach den Unterſuchungen von Schübler iſt die Erwärmungsfähigkeit des Bodens nur zum geringeren Grade von der chemiſchen Natur der Stoffe, aus denen er gebildet iſt, abhängig. In bei weitem größeren Grade hingegen von ſeiner Farbe und von ſeinem Feuchtigkeitszuſtande. Hier iſt unbedingt der Boden um ſo wärmer, je dunkler er iſt, und da mit ſehr wenigen ſeltenen Ausnahmen, z. B. der Beimengung ſchwarzen baſaltiſchen Sandes, die dunkle Farbe des Bodens nur durch die Beimengung kohlenſtoffreicher organiſcher Beſtandtheile bedingt wird, ſo iſt der Humusgehalt hier von ganz entſcheidendem Einfluß.

Der Humus wird aber noch in ganz anderer Weiſe als nur durch ſeine Farbe für die Erwärmung des Bodens wichtig. Die lockere Ackerkrume, fortwährend von Sauerſtoff durchdrungen, begünſtigt außerordentlich den Verweſungsproceß der organiſchen Subſtanzen im Boden, d. h. einen langſamen Verbrennungsproceß, der eine dem Verbrennungsproducte äquivalente Menge Wärme erzeugen muß.

Daß dieſe Erwärmung des Bodens durch den Verweſungsproceß nichts weniger als unbedeutend iſt, kann folgende Berechnung zeigen. Nehmen wir bei ſehr gutem humusreichen Lande die Dicke der Dammerde auch nur zu 8 Zoll an, ſo enthält der Magdeburger Morgen etwas mehr als

Digitized by Google

2 Millionen Pfund Dammerde; davon verbrennen in einem Jahre nach de Sauſſure $8\frac{1}{3}\%$, alſo mehr als 160,000 Pfund. Dieſe liefern über 1163 Wärmeeinheiten oder für 24 Stunden mehr als 3 Millionen, d. h. wenn an der Stelle der Dammerde Waſſer verhanden wäre, ſo würde dieſes durch den Verbrennungsproceß von je 24 Stunden um 3 Grad erwärmt werden.

Hinſichtlich der Feuchtigkeit iſt die Erwärmungsfähigkeit eines Bodens um ſo geringer, je mehr Waſſer in demſelben enthalten iſt, welches verdunſten kann, da das verdunſtende Waſſer alle vorhandene Wärme zu ſeiner Dampfbildung in Anſpruch nimmt. Kommt dazu noch eine helle, lichte Farbe, ſo wird der Boden faſt unfähig, Wärme aufzunehmen.

§. 191. In umgekehrtem Verhältniß mit der Erwärmungsfähigkeit ſteht die wärmehaltende Kraft des Bodens. Da ein Körper durchſchnittlich um ſo leichter Wärme wieder ausſtrahlt, je leichter er ſie aufnimmt, ſo kann es Boden geben, welche ſich nur langſam erwärmen, daher im Sommer kühler ſind, aber auch die Wärme nur langſam wieder abgeben und daher auch im Winter wärmer erſcheinen. Hier kann nur von der durch die Sonne hervorgerufenen Wärme die Rede ſein. Es ließe ſich indeſſen noch eine von der Sonne unabhängige Zuführung der Wärme denken, nämlich durch die Benutzung des laufenden Quellwaſſers bei der Berieſelung. Für unſere Gegenden haben die gewöhnlichen Quellen im Sommer eine bedeutend niedrigere, im Winter eine bedeutend höhere Temperatur, als die durch die Sonne erwärmte Atmoſphäre. Dies muß nothwendig den Erfolg haben, daß die Samenbildung bei den Rieſelwieſen im Sommer gehemmt, die Vegetation hingegen auch während des Winters unterhalten wird, woher ſich wohl am beſten die größere Production der Rieſelwieſen der Maſſe nach erklärt.

c. Abſorption von Gasarten.

§. 192. Eine der wichtigſten Eigenſchaften des Bodens iſt die Kraft, mit welcher er Gasarten aus der Atmoſphäre in ſich aufnimmt. Es kommt hier vorzüglich auf die Gasarten an, welche für die Ernährung der Pflanzen die wichtigſten ſind, nämlich auf Kohlenſäure und Ammoniak. Wie es überall an brauchbaren Verſuchen fehlt, ſo auch hier. Gerade um die wichtigſten Stoffe hat ſich Niemand bemüht; dagegen beſitzen wir eine ſehr ausführliche Unterſuchungsreihe über die Abſorption des Sauerſtoffgaſes durch verſchiedene Bodenarten von Schübler, deren Reſultate in Folgendem kurz zuſammengeſtellt ſind:

Digitized by Google

Erdarten.	Absorption von Sauerſtoffgas.			
	Im völlig trockenen Zuſtande.	Im durchnäßten Zuſtande abſorbirten 500 Centigramme Erde aus 15 Cubikzoll atmoſphäriſcher Luft, welche 21 Procent Sauerſtoff enthielt, in 30 Tagen		
		nach Proc.	dem Volumen nach.	dem Gewichte nach.
		Procent.	Cubikzoll.	Centigramm.
Quarzſand	0	1,6	0,24	0,05
Gips	0	2,7	0,40	0,085
Kalkſand	0	5,6	0,84	0,20
Lettenartiger Thon . . .	0	9,4	1,39	0,30
Feine, kohlenſaure Kalkerde	0	10,8	1,62	0,35
Lehmartiger Thon . . .	0	11,0	1,65	0,355
Kleiartiger Thon . . .	0	13,6	2,04	0,44
Ackererde vom Jura . .	0	15,0	2,25	0,458
Reiner Thon	0	15,3	2,29	0,495
Ackererde von Hofwyl . .	0	16,2	2,43	0,525
Gartenerde	0	18,0	2,60	0,56
Humus	0	20,3	3,04	0,55

Um ſich näher zu überzeugen, inwiefern Humustheile und Metalloxyde auf dieſe Sauerſtoffgas-Abſorption einwirken, unterwarf Schübler noch die folgenden Erdarten einer Unterſuchung:

Erdarten, befeuchtet.	Sauerſtoffgehalt nach 28 Tagen.
Fruchtbare Gartenerde	10,4 Proc.
Dieſelbe vom auflöslichen Humus rein	17,0 »
Gewöhnliche weiße Kalkerde	17,1 »
Gewöhnlicher gelber Lehm	18,1 »
Gewöhnlicher weißer Gips, etwas eiſenhaltig	19,8 »
Fruchtbare Gartenerde, vom auflöslichen Humus rein, zuvor geglüht	20,9 »
Gewöhnlicher weißer Gips, etwas eiſenhaltig, zuvor geglüht	20,9 »
Gewöhnlicher gelber Lehm, zuvor geglüht	21,0 »

Digitized by Google

Zunächst wollen wir nur darauf aufmerksam machen, daß die Absorption der absolut trockenen Erde von ihm in allen Fällen gleich 0 oder richtiger, unmeßbar klein gefunden wurde. Man hat auf die Absorption des Sauerstoffs großen Werth gelegt, ohne daß es Jemand eingefallen wäre, zu untersuchen, welchen Nutzen dieselbe möglicherweise für die Pflanze haben könnte. In der That läßt sich, soweit wir das Leben der Pflanze kennen, absolut nicht einsehen, was den Pflanzen der absorbirte Sauerstoff im Boden nützen soll. Nur während des Keimungsactes verbrauchen die Pflanzentheile, welche sich in der Erde befinden, den Sauerstoff, nämlich die Samen. Aber jeder Boden, der locker genug ist, um überhaupt die Vegetation möglich zu machen, enthält zu diesem Behuf atmosphärische Luft und folglich Sauerstoff genug in seinen Zwischenräumen. Auch keimen bekanntlich bei gehöriger Feuchtigkeit alle Samen auf irgend einer festen, nicht absorbirenden Unterlage, z. B. auf einem Porcellanteller, gerade so schnell wie in der Erde.

Wir können die Schübler'schen Untersuchungen aber benutzen, um §. 193.
sie analog auf die anderen Gasarten anzuwenden. Wo keine chemische Verbindung mit ins Spiel kommt, findet es sich bei allen absorbirenden Substanzen, daß eine Gasart, die von der einen in größerer Menge aufgenommen wird, auch von der anderen in größerer Menge absorbirt wird, so daß man von Versuchen mit einem Gase mit großer Wahrscheinlichkeit auf die anderen schließen darf. Nun wird von allen absorbirenden Substanzen und zumal vom Wasser, welches hier wesentlich in Betracht kommt, Kohlensäure und Ammoniak in ungleich größerer Menge absorbirt als Sauerstoff, und wir dürfen daher voraussetzen, daß ein Gleiches bei der Absorption durch den Boden stattfindet. Von dem Thon namentlich ist es bekannt, daß er ausgeglüht schon während der Abkühlung wieder anfängt, Ammoniakgas aus der Atmosphäre aufzunehmen. Viele der Humusbestandtheile haben eine so große Verwandtschaft zum Ammoniak, daß man namentlich Quell- und Quellsatzsäure lange Zeit für stickstoffhaltige Verbindungen angesehen hat, weil man nicht im Stande war, sie vom Ammoniak zu trennen. Nach einigen Angaben sollen Humus und Humussäure, Ulmin oder Ulminsäure, besonders im feuchten Zustande, das 20- bis 30fache ihres Volumens an Kohlensäure oder Ammoniak verschlucken.

Das Resultat aus diesen Betrachtungen wäre nun, daß reiner Quarzsand die geringste, Kalk und Gips eine mittlere, Thon und Humus aber die höchste Fähigkeit haben, Kohlensäure und Ammoniak aus der Atmosphäre zu verschlucken, woraus sich allein das Verhältniß dieser Bodenarten zur Fruchtbarkeit größtentheils erklären läßt. Wie in mehreren früher berührten Verhältnissen, werden wir aber auch hier wieder auf die Feuchtig-

Digitized by Google

keit des Bodens, als den Hauptvermittler hingewieſen; daher wird der folgende Paragraph von der größten Wichtigkeit.

d. Vermögen der Waſſeraufnahme und waſſerhaltenden Kraft des Bodens.

§. 194. Da Vegetation überhaupt ohne Gegenwart von Waſſer nicht denkbar iſt, da früher nachgewieſen, daß ſchon aus den wenigen uns zu Gebote ſtehenden Beobachtungen mit Sicherheit folgt, daß das als Regen oder Thau dem Boden zukommende Waſſer nur zum kleinſten Theil dem Bedürfniß der Pflanzen entſpricht, ſo muß jeder Boden, auf dem Pflanzen gedeihen ſollen, die Eigenſchaft haben, ſelbſtſtändig Waſſerdampf aus der Atmoſphäre aufzunehmen, und die Fruchtbarkeit eines Bodens muß nahebei im geraden Verhältniß zu dem Grade der waſſerabſorbirenden Kraft ſtehen. Auch hier ſind wir faſt ausſchließlich auf die Schübler'ſchen Verſuche gewieſen, und dieſe geben wiederum dieſelbe Stufenleiter, daß nämlich Quarzſand die geringſte und von den häufiger vorkommenden Bodenbeſtandtheilen Thon und Humus die höchſte Fähigkeit in dieſer Beziehung zeigen. Mit der waſſeranziehenden Kraft ſteht nun die waſſerhaltende Kraft faſt im gleichen Verhältniß, und dieſe Eigenſchaft iſt natürlich eben ſo wichtig, wie die erſte, indem ſie bei eintretenden trockenen Winden den Pflanzen längere Zeit die nöthige Feuchtigkeit erhält.

Im Ganzen hängt die waſſeranziehende Kraft des Bodens ganz von ſeiner feinen Zertheilung, d. h. von ſeiner Poroſität oder Capillaranziehung ab, und deshalb wird dieſelbe auch noch in einer ganz entgegengeſetzten Richtung wirkſam. In gar vielen Fällen wird ſich ein Theil des Regenwaſſers längere Zeit in einer größeren Tiefe des Bodens, nämlich in günſtigeren Arten des Untergrundes erhalten, ſo viel nämlich überhaupt nicht die Quellen erreichen und daher den Pflanzen zu Gute kommen kann. Dieſes Waſſer kann nun durch Capillaranziehung der Ackerkrume bei eintretendem trockenen Wetter dem Theil des Bodens, worin ſich die Pflanzenwurzeln verbreiten, wieder zugeführt werden. Wäre dies Verhältniß nicht, ſo würde den Pflanzen vom Regen faſt gar nichts zu Gute kommen. Allerdings mag dies der häufigſte Fall ſein, und ich glaube, die günſtigen Lagen, wo die Ackerkrume ihr Feuchtigkeitsbedürfniß aus der Tiefe ſchöpfen kann, ſind äußerſt ſelten. Flugſand iſt nicht deshalb ſo dürr, weil er den Regen in die Tiefe ſinken läßt, ſondern weil er keinen Waſſerdampf aus der Atmoſphäre aufnehmen kann.

Digitized by Google

B. Chemiſche Eigenſchaften des Bodens.

§. 195. Nach allem Früheren braucht kaum noch erwähnt zu werden, daß ein Boden, welcher Pflanzen zu üppiger Entwickelung bringen ſoll, die Mineralbeſtandtheile, welche ſie enthalten, alſo als Nahrung bedürfen, auch beſitzen muß. Es kommt hier aber in doppelter Weiſe nicht allein auf dieſen einfachen Satz an; eines Theils iſt es nicht gleichgültig, in welcher Verbindung die für die Ernährung der Pflanze nothwendigen Stoffe im Boden vorkommen, andererſeits muß der Boden viele Beſtandtheile enthalten, welche durchaus nicht den Pflanzen als Nahrung dienen und dienen ſollen, deren Anweſenheit und Menge aber die für die Vegetation ſo außerordentlich wichtigen phyſikaliſchen Eigenſchaften des Bodens beſtimmen.

a. Verbindungsformen der unorganiſchen Nahrungsſtoffe im Boden.

§. 196. Es werden hier folgende Verhältniſſe wichtig, welche ebenfalls, wie ſo vieles Andere, noch lange nicht ihre genügende Berückſichtigung gefunden haben.

1) Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die im Boden noch ſo reichlich, aber unauflöslich vorhandenen Subſtanzen für die Pflanzen völlig nutzlos ſind. Daher ſind auch alle Bodenanalyſen, welche ohne Weiteres den ganzen Gehalt des Bodens an einzelnen Mineralbeſtandtheilen beſtimmen, völlig unnütz. Auf der anderen Seite wird das, was wirklich löslich im Boden iſt, zwar zum Theil von den Pflanzen aufgenommen, zum großen Theil aber auch von jedem Regen ausgewaſchen und den Quellen und Bächen zugeführt. Eben ſo unnütz als die erſten Bodenanalyſen ſind daher diejenigen, welche nur den im Waſſer auflöslichen Theil des Bodens beſtimmen. Solche Analyſen würden nur zu dem Fehlſchluß führen, daß unſere fruchtbarſten Boden völlig unfähig ſeien, auch nur eine erträgliche Ernte zu liefern. Die wichtigſten Beſtandtheile des Bodens ſind diejenigen, welche nur allmälig durch die zerſetzenden Einwirkungen des kohlenſauren oder ammoniakhaltigen Waſſers und zum Theil auch des atmoſphäriſchen Sauerſtoffs auflöslich gemacht werden, welche Einwirkung ſich bei Bodenanalyſen nahebei durch verdünnte Salzſäure erſetzen läßt. In dieſem liegt der wahre, nachhaltige Reichthum eines Bodens.

§. 197. 2) Die den Pflanzen wichtigen Beſtandtheile dürfen alſo im Boden nicht in auflöslicher Form vorhanden ſein, ſondern in Verbindungen, aus denen ſie ganz allmälig, dem andauernden Bedürfniß der Pflanzen entſprechend, in die auflösliche Form übergehen. Solche Verbindungen ſind

Digitized by Google

vorzüglich die an Alkalien reichen Silicate, welche allmälig durch den Verwitterungsproceß aufgeſchloſſen werden und ſo den Pflanzen ihre Nahrung liefern. Es giebt aber noch ein anderes, faſt günſtigeres Verhältniß, in welchem ſich die unorganiſchen Stoffe befinden können, nämlich in ihrer Verbindung mit organiſchen Subſtanzen. Dieſe ſchützt ſie wenigſtens größtentheils gegen augenblickliche Auflöſung; ſie werden aber durch den unausgeſetzt fortgehenden Verweſungsproceß ganz allmälig in Freiheit geſetzt.

§. 198. 3) Faſt alle für die Pflanzen wichtigen anorganiſchen Beſtandtheile wirken auf dieſelben zerſtörend oder giftig, wenn ſie in concentrirten Löſungen mit ihnen in Berührung kommen. Deshalb iſt es nothwendig, daß die Flüſſigkeiten, welche dieſe Stoffe aufgelöſt enthalten, entweder dieſelben in die Tiefe führen, weil ſie ſonſt beim Verdunſten des Waſſers zu ſehr concentrirt werden würden, oder daß die Subſtanzen in einem ſolchen Verhältniß zum Waſſer ſtehen, daß daſſelbe nur eine gewiſſe Menge von ihnen aufnehmen kann, bei ſeiner Verdunſtung aber eine entſprechende Menge wieder im unlöslichen Zuſtande ausſcheidet, wie das z. B. beim Gips der Fall iſt.

§. 199. 4) Die Pflanzen haben, wie früher nachgewieſen wurde, bei ihrer Aufnahme durchaus kein Wahlvermögen. Nur in ſehr geringem Maß wird das Mengenverhältniß zugleich dargebotener Stoffe durch die Geſetze der Endosmoſe modificirt. Es iſt daher ſehr wichtig, daß den Pflanzen ihr Bedarf an unorganiſchen Subſtanzen auch jedesmal in der richtigen, oder doch nahebei richtigen Miſchung dargeboten werde. Für die wildwachſenden Pflanzen beſtimmt das natürliche, im Boden vorkommende Verhältniß der Beſtandtheile ihren Standort. Auf Boden, der nicht die paſſende Miſchung enthält, wachſen ſie eben nicht. Anders iſt es bei den, wie früher nachgewieſen, aus einer abnormen Miſchung der an organiſchen Beſtandtheile hervorgegangenen Culturpflanzen. Wo dieſe nicht die richtige Miſchung finden, tritt daſſelbe Verhältniß ein, dem ſie ihre Entſtehung verdanken. Das unpaſſende Verhältniß der unorganiſchen Beſtandtheile verändert ihren eigenthümlichen chemiſchen Proceß, und ſo wird aus der beſtimmten Culturpflanze eine andere; ſie artet aus oder wird krank. Leider ſind wir in dieſer Beziehung wieder völlig baar an allen ſorgfältigen Unterſuchungsreihen, deren wir mindeſtens 2 bedürften, einmal zur Entſcheidung, ob die Culturpflanzen in allen Perioden ihres Lebens gleiche Beſtandtheile aus dem Boden aufnehmen und aufnehmen dürfen, wenn ſie ſich normal entwickeln ſollen, und 2) in welcher Reihefolge und in welchen Mengenverhältniſſen die einzelnen Beſtandtheile bei der Verwitterung, und mehr noch bei der Verweſung, der in unſerem Culturboden eine ſo wichtige Rolle ſpielenden organiſchen Beſtandtheile frei werden. Eigentlich gehörte

Digitized by Google

noch eine dritte Verſuchsreihe dazu, um zu ermitteln, in welchem Verhältniß Verwitterung und Verweſung in den verſchiedenen Jahreszeiten langſamer und ſchneller fortſchreiten und ſo in ein beſtimmtes Verhältniß zu den verſchiedenen Vegetationsperioden der Pflanzen treten. Sehr wichtig iſt dieſes ganze Verhältniß ohne Zweifel für die Beſtimmung der beſten Fruchtfolgen, wenn es auch nicht das ausſchließlich Beſtimmende iſt.

5) Wenn auch der Humus in Bezug auf die organiſchen Beſtand- §. 200.
theile der Pflanze durchaus nicht als weſentlicher Nahrungsſtoff anzuſehen iſt, ſo ſind doch vielleicht einige Beſtandtheile deſſelben nicht ohne Bedeutung für die Zuführung der unorganiſchen Beſtandtheile. Abgeſehen davon, daß gar viele Salze ſich in Berührung mit verweſendem Humus in leichter auflösliche, oder den Pflanzen zuſagendere, kohlenſaure Salze verwandeln, giebt es noch zwei im Humus vorkommende Säuren, die Quell- und Quellſatzſäure, welche durch ihre merkwürdigen Eigenſchaften im Stande ſind, der Pflanze eine große Menge unorganiſcher Beſtandtheile zuzuführen, gerade ohne ſie gleichzeitig mit einer größeren Menge organiſcher Subſtanz zu beläſtigen. Beide Säuren ſind nämlich ſogenannte mehrbaſiſche, die Quellſatzſäure ſogar eine fünfbaſiſche, d. h. in ihren Salzen kommen auf 1 Aequivalent der Säure, 5 Aequivalente der Baſis, dabei bilden ſie leicht Doppel- und Tripelſalze, und wenn unter den Baſen nur 1 Aequivalent Ammoniak iſt, ſo ſind die Salze leicht auflöslich.

Man ſollte denken, daß ſich dieſes Verhältniß gerade umgekehrt habe geſtalten müſſen, wenn die organiſche Subſtanz des Bodens wirklich zur organiſchen Ernährung der Pflanze beſtimmt wäre.

b. Die chemiſchen Beſtandtheile des Bodens in Bezug auf die phyſikaliſchen Eigenſchaften deſſelben.

Schon vorher iſt darauf hingedeutet, wie die phyſikaliſchen Eigenſchaf- §. 201.
ten des Bodens faſt ganz durch ſeinen Gehalt an beſtimmten chemiſchen Beſtandtheilen bedingt wird. In dieſer Beziehung ſpielen Sand, Thon und Humus die Hauptrolle. Bedenken wir, daß Thon und Humus ganz den Nahrungsbedürfniſſen der Pflanze mit Ausnahme der Kalkerde entſprechen, ſo handelt es ſich in Bezug auf die Güte des Bodens überall nur um die zweckmäßige Miſchung von Sand, Kalk, Thon und Humus. Vom Thon hängt hauptſächlich die Bündigkeit und Schwere eines Bodens ab. Dieſe wird durch Sand gemindert. Die ſehr ſinnreich angeſtellten Verſuche Schübler's geben für die Bündigkeit verſchiedener Erdarten folgende Zahlen, wenn man die des Thones zu 100 annimmt:

Thon	100,0
Kleiartiger Thon	83,3

Digitized by Google

Lehmartiger Thon	68,8
Lettenartiger »	57,3
Ackererde von Hofwyl . . .	33,0
» vom Jura . . .	22,0
Humus	8,7
Gartenerde	7,6
Kalkerde	5,0
Quarzſand	0,0

Etwa 40 bis 50 Procent Thon ſcheint hier das beſte Verhältniß, eine größere Menge macht den Boden zu bündig und zu ſchwer zu bearbeiten und auch wohl wegen der ſtark waſſerhaltenden Kraft des Thons zu kalt. Ein Gehalt von weniger als 10% Thon macht den Boden ſchon zu leicht und zugleich arm. Hier tritt indeß der Humus außerordentlich wichtig vermittelnd dazwiſchen. Die ſo auffallend geringe Conſiſtenz des Humus vermindert nämlich außerordentlich ſchnell die Bündigkeit des Thons, während die ſtärkere waſſerabſorbirende und waſſerhaltende Kraft des Humus im Stande iſt, die Bündigkeit des Sandes außerordentlich zu erhöhen, wie uns die üppige Cultur auf dem humusleeren rothen Boden Cuba's und dem ganz allein aus Humus beſtehenden Boden der braſilianiſchen und nordamerikaniſchen Wälder zeigt; ſo kann unter den günſtigſten Umſtänden der Thon den Humus, und dieſer jenen vollſtändig vertreten. Auf das Schlagendſte wird dieſe Behauptung unterſtützt durch eine Zuſammenſtellung von Bodenanalyſen nach Geiger, Sprengel, Davy, Schübler und Berthier, welche in der auffallendſten Weiſe darthun, daß die Fruchtbarkeit eines Bodens von ſeinem Humusgehalt völlig unabhängig iſt.

Boden.	Humusgehalt.
Boden zur Rübſaat-Cultur aus der Gegend von Lille	keine Proc.
Sehr guter Turnipsboden aus England	0,6 %
Sandboden mit ſchönem Nadelholzwuchs aus dem Schwarzwald .	1,3 »
Außerordentlich fruchtbarer Weizenboden aus England	2,8 »
Weinbergserde von Rotheberg im Rheingau	3,3 »
Unfruchtbarer Sandboden bei Göttingen	4,2 »
Sehr guter Weizenboden aus England	4,4 »
Unfruchtbarer Thonboden von Lüneburg	4,4 »
Gute Wieſenerde von Bebenhauſen	4,5 »
Fruchtbare Ackererde von Göttingen	5,0 »
Sehr leichter Boden, für die gewöhnliche Cultur wenig tauglich, aus dem Neckarthal	8,4 »
Ausgezeichneter Wieſenboden aus England	12,7 »
Schwarze unfruchtbare Moorerde	76,0 »
Sehr leichte unfruchtbare braune Torferde	89,0 »

Digitized by Google

Müßte ein unbefangener Laie nicht aus einer solchen Uebersicht vielmehr schließen, daß Humus eine entschieden schädliche Beimengung im Boden sei.

Zweites Capitel.

Untersuchung über die Wirkung der menschlichen Thätigkeit bei der Cultur der Pflanzen.

§. 202. Aus dem Vorhergehenden läßt sich nun leicht bestimmen, was dem Menschen zum Zweck einer vortheilhaften Pflanzencultur zu thun obliegt. Zuerst muß er sich genaue Kenntniß der einzelnen Culturpflanzen verschaffen. Er muß die Anforderungen kennen, welche jede einzelne, in Bezug auf klimatische Verhältnisse, auf den Boden und auf die Eigenthümlichkeiten, in welchen sie von wildwachsenden Pflanzen abweicht, macht. Er muß zweitens sich eine genaue Kenntniß des einzelnen in Frage stehenden Bodens verschaffen, und zwar sowohl rücksichtlich der unabänderlich gegebenen klimatischen und geognostischen Verhältnisse als auch rücksichtlich der Ackerkrume, deren Veränderung der Mensch in seiner Gewalt hat. Aus der Vergleichung der Anforderungen, die eine bestimmte Culturpflanze macht, mit denjenigen, was ein bestimmter Boden leisten kann, ergiebt sich dann eines Theils die Möglichkeit oder die Unmöglichkeit, die bestimmte Pflanze zu bauen, nach dem Verhältniß der unabänderlich gegebenen Culturbedingungen, und zweitens, wenn der Anbau einer bestimmten Culturpflanze überhaupt möglich ist, die Bestimmung, ob sie ohne Weiteres gedeihen könne oder, ob und welche Veränderungen der Mensch mit der Ackerkrume vorzunehmen habe. Diese Veränderungen können dann darin bestehen, daß der Mensch den Boden eine Zeit lang ohne Einwirkung von seiner Seite den verändernden Einflüssen der Naturkräfte überläßt (Brache im ursprünglichen und ächten Sinne des Wortes), oder daß er durch mechanische Einwirkung auf den Boden seine Natur verändert oder Veränderungen durch die Naturkräfte unterstützt und beschleunigt (Bodenbearbeitung), oder endlich drittens, daß er dem Boden gewisse Bestandtheile zuführt, welche seine Natur ändern (Düngung im weiteren Sinne des Worts). Noch eine vierte Aufgabe ließe sich denken, daß der Mensch die Bestandtheile, die etwa schädlich in dem Boden wirken könnten, ihm entzieht. Dies ist aber nur in einem einzigen Fall zur Zeit ausführbar, nämlich Abführung des überflüssigen Wassers (Austrocknen des Bodens, Drainage).

Digitized by Google

Da sich endlich die Cultur nicht auf eine einzige Pflanze und auf ein einziges Jahr erstreckt, so muß der Mensch sich noch die Frage beantworten, in welcher Reihefolge verschiedener Culturen der Boden am zweckmäßigsten zu benutzen sei (Fruchtfolge, Wechselwirthschaft). Diese einzelnen Gesichtspunkte werden nun genauer durchzusprechen sein. Bei jeder einzelnen Thätigkeit müssen wir sorgfältig und vollständig alle die Verhältnisse erwägen, auf welche sie von Einfluß sein kann, und hervorheben, was ihre wesentliche Wirkung ist. Ein großer Fehler, der früher immer begangen wurde, ist der, daß man die in Frage kommenden Verhältnisse viel zu einfach und in zu allgemeinen unbestimmten Worten auffaßte. In der ersten Beziehung giebt uns die oberflächliche Behandlung der Lehre von der Ernährung, mit gänzlicher oder theilweiser Vernachlässigung aller übrigen für das Pflanzenleben wichtigen Verhältnisse, das beste Beispiel. In der anderen Beziehung brauchen wir nur an die Worte: »Reizmittel für die Pflanze, Bodenkraft, Ruhe des Bodens« und dergl. mehr uns zu erinnern. Lauter Ausdrücke, bei denen sich entweder gar nichts Vernünftiges, oder doch nichts Klares und Bestimmtes denken läßt. In jeder praktischen Anwendung irgend einer Wissenschaft ist aber nichts so schädlich und gefährlich, als eine falsche Ansicht von dem Zusammenhange zwischen Ursache und Wirkung, und kein Zweig der menschlichen Geistesthätigkeit hat so viele Beispiele falscher Verknüpfung zweier Thatsachen aufzuweisen, als die praktische Medicin und die Landwirthschaft, welche beide außerordentliche Aehnlichkeit in ihrem Wesen und in ihrer ganzen Entwickelungsgeschichte haben.

A. Kenntniß der Culturpflanzen.

§. 203. Schon oben ist entwickelt, daß die Culturpflanzen in wesentlichen Beziehungen von den wildwachsenden abweichen. Diesen ihren Charakter als Culturpflanzen muß sich der Landwirth zunächst vollkommen vergegenwärtigen.

Jede einzelne Culturpflanze macht aber auch ihre bestimmten Ansprüche an sämmtliche Verhältnisse, von denen das Pflanzenleben abhängt. Auch diese müssen dem Landwirth für jede einzelne Pflanze vollständig bekannt sein.

Es ist hierbei aber noch zweierlei zu unterscheiden. Diejenigen Verhältnisse, von denen das mehr oder weniger üppige Gedeihen der Culturpflanze abhängt, und diejenigen, welche die Pflanze in ihrem bestimmten Charakter als Culturpflanze erhalten. Hier sind wir leider noch lange nicht im Stande, die einzelnen Bedingungen nach diesen beiden Gesichtspunkten scharf sondern zu können. Nur so viel läßt sich sagen, daß die

Digitized by Google

Veränderung der bestimmten Natur einer Culturpflanze von einer chemischen Veränderung in ihrem Inneren abhängig sein muß. Diese Ungewißheit werden wir wohl noch lange nicht heben können, und das veranlaßt uns, unsere Aufmerksamkeit einem Gegenstande zuzuwenden, welcher, wenigstens von deutschen Landwirthen, bis jetzt viel zu sehr vernachlässigt worden ist.

Allgemein ist unter den Landwirthen die Klage, daß vortheilhafte Culturpflanzen, aus einer Gegend mit großen Kosten in eine andere übertragen, ausarten und in die dort seit längerer Zeit gebräuchlichen übergehen. Hiergegen giebt es zur Zeit noch kein Mittel, weil wir die Bedingungen, von denen das Bestehen einer bestimmten Culturpflanze abhängt, noch nicht vollständig beherrschen. Es ließe sich aber eine Abhülfe dafür finden in der selbstständigen und absichtlichen Erziehung von Culturpflanzen. Diesem Theile der Pflanzencultur sollte billig jeder größere Landwirth seine Aufmerksamkeit und Thätigkeit schenken. Wenn wir irgend ein Feld betrachten, so werden wir darunter immer einzelne, bald mehr bald weniger Pflanzen finden, welche sich durch bestimmte Eigenthümlichkeiten auszeichnen, durch frühzeitige Entwickelung, durch üppige Ausbildung, durch vorzugsweise Entwickelung eines einzelnen Organs oder Stoffes. Finden sich auf diese Weise Pflanzen, welche, sei es im Allgemeinen, sei es für diese bestimmte Gegend, besonders vortheilhafte Eigenschaften zeigen, so sollte man diese unter sorgfältiger Berücksichtigung derjenigen Einflüsse, denen sie möglicherweise ihre Entstehung verdanken, zur Samenzucht benutzen und sich so die vortheilhaftesten Culturpflanzen selbst erziehen, die ihren Charakter unverändert beibehalten würden, so lange die klimatischen Verhältnisse der Gegend dieselben bleiben, und die man unveränderlich erhalten könnte, weil die Bedingungen, denen man sie verdankt, vollständig bekannt sind. Selbst solche Unterschiede, wie zwischen Winter- und Sommerkorn, ein- und zweijährigen Pflanzen sind bei consequenter Behandlung zu erreichen, während die Entlehnung aus anderen Gegenden fast jedesmal ihren Zweck verfehlen muß, weil wir die klimatischen und Culturverhältnisse jener Gegend nicht mit übertragen können.

Eine besondere Sorgfalt erfordert die Auswahl des Samens. Vorzüglich ist darauf zu sehen, daß derselbe ganz reif geworden, daß er ganz rein und ohne Unkrautsamen sei, endlich daß er von einem passenden Boden genommen werde. Schon lange ist es den Landwirthen bekannt, daß der Same von verhältnißmäßig dürftigem Boden immer die beste Ernte giebt. Der Hauptgrund liegt darin, daß die Einwirkung, welcher ein üppiger Culturboden auf die Pflanze ausübt, vorzugsweise sich in der Ausbildung des Samens geltend macht. Bei der Betrachtung der Culturpflanzen ist gezeigt worden, wie die Spielarten, die überhaupt durch den Culturboden

Digitized by

hervorgerufen werden, ausſchließlich oder doch vorzugsweiſe durch die Samenbildung entſtehen. Man wird daher bei Samen von übermäßig reichem Boden niemals mit Sicherheit auf dieſelbe Spielart und niemals auf recht gleichartige Pflanzen rechnen können.

Ueber die Zeit der Ausſaat läßt ſich durchaus nichts Allgemeines feſtſetzen, weil ſie ganz und gar von localen Einzelheiten und ſelbſt von verſchiedenen öconomiſchen Rückſichten abhängt. Eigenthümlich iſt es, daß manche Pflanzen, z. B. Roggen und Gerſte, eine möglichſt trockene Saatzeit verlangen, andere, wie z. B. der Hafer, eine größere Feuchtigkeit, wenn auch nicht erfordern, doch wenigſtens ertragen. Ueberhaupt verſteht es ſich von ſelbſt, daß die Ausſaat immer mit ſorgfältiger Berückſichtigung des localen klimatiſchen Charakters, ſowie der Herbſt- und Frühlingsfröſte geſchehen muß.

B. Kenntniß des Bodens.

§. 204. Wie außerordentlich viel von einer richtigen Beurtheilung des Bodens abhängt, iſt unnöthig auseinanderzuſetzen. Von jeher iſt auch die Werthbeſtimmung des Bodens oder das Bonitiren eine Hauptaufgabe für die Landwirthe geweſen. Uns ſcheint es, daß in dieſer Beziehung vielfach zu viel und zu wenig gethan wird.

Zu viel in der Weiſe, daß man eine endloſe Reihe von Bodenarten aufſtellt und ſie ſyſtematiſch claſſificirt, welche das Gedächtniß beläſtigen und doch bei aller Weitläufigkeit und Ausführlichkeit niemals vollſtändig ſein können, weil die Bodenarten in der Natur unendlich verſchieden ſind und ſtetig in einander übergehen. Auch dem vollſtändigſten Bodenſyſtem würde man aus der Natur zahlreiche Unterabtheilungen zufügen können.

Zu wenig ſcheint uns meiſtentheils darin gethan, daß man zu ſehr die wiſſenſchaftlichen Hülfsmittel verſchmähte und daher im glücklichſten Fall wohl erfuhr, was der Acker iſt, aber nicht, was er ſein könnte, und wie er zu verbeſſern ſei. Ganz beſonders verwerflich und nachtheilig iſt aber in dieſem Punkt die Einmengung der Frage nach dem Reinertrag geweſen, indem dadurch der ganze innere Zuſammenhang von den allererſten Urſachen bis zu den allerletzten Folgen vollkommen verwiſcht iſt.

Der Methoden zur Beſtimmung des Bodenwerthes ſind eigentlich nur drei: die Beſtimmung nach dem wirklichen Ertrag an Culturpflanzen, die Beſtimmung nach den auf dem Boden vorkommenden Unkräutern und die Beſtimmung nach der wirklichen Unterſuchung des Bodens. Uns ſcheint nur die letzte Methode von Werth zu ſein.

Die erſte Methode iſt abſolut die ſchlechteſte, weil das Reſultat durchaus nicht bloß vom Werth des Bodens abhängt, ſondern zugleich alle

Digitized by Google

durchaus nicht auf Zahlen zurückführbaren Mängel in der Behandlung des Bodens mit ausdrückt.

Die zweite Methode, die Bestimmung des Bodenwerthes, nach den darauf wachsenden Unkräutern, würde einen gewissen Werth haben, wenn nicht das dazu nöthige Studium und die Arbeit der Werthbestimmung selbst gegen das immer, doch höchst mangelhafte Resultat unverhältnißmäßig groß wäre, und wenn nicht zweitens die ganze Grundlage, worauf diese Beurtheilungsweise fußt, vollkommen falsch wäre. In Bezug auf den letzten Punkt bemerke ich folgendes:

1) Hängt die Vertheilung der wildwachsenden Gewächse durchaus gar nicht ausschließlich von den Bestandtheilen des Bodens ab, sondern wird eben so sehr und vielleicht noch in höherem Grade von seinen physikalischen Eigenschaften und klimatischen Verhältnissen bedingt. Ja, es giebt für die Vertheilung der Gewächse noch außerdem Ursachen, welche uns völlig unbekannt sind, deren Erkenntniß sich vielleicht erst in Jahrhunderten die fortgeschrittene Wissenschaft nähern wird. Ueber den Gehalt des Bodens können uns die Pflanzen nur in sehr geringem Maaße belehren. Es giebt einige wenige Pflanzen, welche an eine Unterlage von Quarzsand, einige andere, welche an eine Unterlage von kohlensaurem Kalk, und noch einige, welche an Salzboden gebunden sind. Dies sind aber so wenige und sie kommen auf unserm Culturboden meist nur so zufällig oder gar nicht vor, daß sie, selbst in diesen wenigen Rücksichten, doch für die Bestimmung des Culturbodens unbrauchbar werden. Das Alles sind Thatsachen, die jedem geläufig sind, der sich auch nur kurze Zeit mit der Geographie der Pflanzen beschäftigt hat.

2) Wäre aber auch eine Werth- und Gehaltsbestimmung des Bodens nach den freiwillig darauf wachsenden Pflanzen denkbar, so wäre die Anwendung davon auf unserem Culturboden doch geradezu etwas Lächerliches. Die Unkräuter unseres Culturbodens sind nämlich keineswegs freiwillig, sondern nur gezwungen darauf wachsende Pflanzen; ja, zu einem großen Theil gar nicht einmal in Deutschland einheimisch, sondern wie die Culturpflanzen selbst, und zugleich mit ihnen, eingeführt. Jeder, der nur ein paar Felder gesehen hat, weiß auch, daß die Unkräuter, einige überhaupt allgemein verbreitete ausgenommen, mit den verschiedenen Saaten wechseln, und wer ein klein wenig sich mit diesen Verhältnissen vertraut gemacht, kann nach den Unkräutern irgend einer Gegend wohl beurtheilen, welche Culturen man dort versucht hat, ob der Boden aber für sie tauglich war, ob die Culturen gelangen oder nicht, daß verrathen ihm die Unkräuter nicht, die bekanntlich meist um so üppiger sich entwickeln, je mehr die Culturpflanze mißräth. Wir glauben herzlich gern, daß ein Mann, dessen ganzes botanisches Wissen in der Kenntniß von ein paar hundert

Digitized by Google

wildwachſenden Pflanzen beſteht, dieſe ſeine vielleicht mühſam erworbene Kenntniß verwerthen möchte, können aber nicht umhin, dem angehenden Landwirth den Rath zu ertheilen, daß er ſeine Zeit lieber nützlich auf ein gründliches Studium der Chemie verwende, als ſie an ein Herumlaufen zum Pflanzenſammeln und Bonitiren nach Ackerunkräutern zu vergeuden, was doch eben nichts iſt als ein geſchäftiger Müßiggang.

Die einzige richtige und brauchbare Methode zur Werthbeſtimmung des Bodens iſt die Unterſuchung des Bodens ſelbſt. Hierunter iſt keineswegs eine vollſtändige chemiſche Bodenanalyſe zu verſtehen. In den wenigen Fällen, wo der Landwirth derſelben bedarf, wird es ihm auch nicht an der Möglichkeit fehlen, ſie durch Männer von Fach ausführen zu laſſen. Die Kenntniſſe und Handgriffe, welche zu einer für den Landmann in allen Fällen ausreichenden Bodenunterſuchung gehören, kann und muß er ſich erwerben, wenn er auf den Namen eines gebildeten Landwirths Anſpruch machen will. Die früheren Betrachtungen haben es deutlich gemacht, daß der Werth des Bodens an ſich abhängig iſt von dem Miſchungsverhältniß, des Sandes, Kalkes, Thones und des Humus, ſo wie von ſeinem gröberen oder feineren Korn. Dieſe Beſtandtheile laſſen ſich aber mit genügender Genauigkeit durch einige einfache mechaniſche Operationen, wie Abſieben und Abſchlemmen und durch ein paar einfache chemiſche Handgriffe beſtimmen. Eine ſolche Unterſuchung giebt aber nicht allein den augenblicklichen Werth des Bodens, ſondern auch zugleich ſeine Verbeſſerungsfähigkeit, und wodurch dieſelbe zu erlangen ſei, an.

§. 205. Wir haben hier zunächſt nur von Culturboden und Ackerkrume geſprochen. Bei der Beurtheilung des Bodens kommen natürlich auch ſeine anderen Verhältniſſe weſentlich mit in Betracht. Die bisherigen Bodenclaſſificationen oder Bonitirungsſyſteme ſcheinen uns faſt alle an Unvollſtändigkeit oder an unzweckmäßiger Anordnung zu leiden. Sollten wir ein Syſtem entwerfen, ſo würden wir es nach folgendem Schema ausführen:

Die Claſſen- oder Hauptabtheilungen werden gebildet nach Klima und geognoſtiſchen Verhältniſſen, weil dieſe die unveränderliche Grundlage geben und die Grenze der Verbeſſerungsfähigkeit des Culturbodens beſtimmen.

Die Unterabtheilungen oder Ordnungen würden wir abhängig machen von den Verhältniſſen des Bodens zum Verkehr, der Nähe großer Märkte, der Leichtigkeit ſie zu erreichen, der Mannichfaltigkeit und Billigkeit der Verkehrsmittel u. ſ. w. Denn dieſe Verhältniſſe beſtimmen es, ob es lohnend ſei, dem Boden durch Cultur die höchſte Ertragsfähigkeit zu verleihen.

Endlich die letzten Abtheilungen oder Arten würden dann nach dem jeweiligen Culturzuſtand der Ackerkrume, als dem allerveränderlichſten zu bilden ſein, wobei ein auf ſolche Claſſification geſtütztes

Digitized by Google

Steuersystem natürlich nur das zu berücksichtigen hätte, was der Boden bei gewöhnlicher, ordentlicher Bewirthschaftung sein würde, nicht aber was er durch schlechte Wirthschaft, mangelhafte Düngung wirklich ist, denn der Staat soll niemals auf Faulheit und Unwissenheit gleichsam eine Prämie setzen.

C. Bodenbearbeitung.

§. 206. Die Bodenbearbeitung durch mechanische und andere Mittel verfolgt überhaupt zwei Zwecke, einmal die Vertiefung der Ackerkrume und zweitens die Veränderung derselben.

Die Vertiefung der Ackerkrume kann selbstverständlich nur da stattfinden, wo der Untergrund nicht aus anstehenden Gesteinsmassen gebildet ist. Wir erreichen die Vertiefung der Ackerkrume im Kleinen durch das sogenannte »Rajolen«, im Großen durch den Untergrundspflug. Der Untergrund wird hierdurch zum Theil in die Höhe gebracht, aufgelockert, dadurch der Atmosphäre und Witterung zugänglicher, so daß er seinen Reichthum an Mineralbestandtheilen den Pflanzen zugänglich machen kann, zugleich wird er durchdringlicher für das Wasser und dadurch die Schicht des stockenden, tropfbar flüssigen Wassers weiter von den Pflanzenwurzeln entfernt. Aus allem diesem geht hervor, daß die Vertiefung der Ackerkrume und somit die darauf abzielenden Arbeiten nur dann von Werth sein können, wenn der Untergrund schwer und reich ist, denn schwerlich wird der Fall in der Natur irgendwo vorkommen, daß eine zu schwere Ackerkrume auf einem noch durch den Pflug zu erreichenden, sehr leichten Untergrund ruht. Nur aber in diesem Falle könnte das Vertiefen der Ackerkrume in den leichten Untergrund hinein von Werth sein.

§. 207. Bei weitem bedeutender als die Vertiefung der Ackerkrume steht gegenwärtig noch die bloße Veränderung der Ackerkrume durch mechanische und andere Einwirkungen da. Die Wirkung des Pfluges ist außerordentlich ausgedehnt und die einzelnen Folgen sind lange nicht genügend gewürdigt. Auch hier hat sich die Sache erst nach und nach historisch entwickelt und man erstrebt und erreicht jetzt durch den Pflug Zwecke, an die bei der ersten Anwendung desselben durchaus nicht gedacht wurde. Die erste einfache Aufgabe der Cultur war: zur Erleichterung des Einsammelns, eine Nutzpflanze auf einer größern Bodenfläche ausschließlich zu erziehen. Die Bedingungen dazu waren die Vernichtung der natürlichen Pflanzendecke und die Auflockerung des Bodens für die Aufnahme des Samens, zuerst im Kleinen durch den Spaten, und dann im Größeren durch den später erfundenen Pflug. Schon in diesen ersten Anfängen tritt uns neben den Vortheilen der Cultur auch der Nachtheil der Bodenbearbeitung entgegen, welcher sogleich den Menschen zwang, neue Anstrengungen zu machen, um

Digitized by Google

dieſe Nachtheile wieder auszugleichen. Die Natur ſtreut ihre Samen auf den Boden, wo ſie von der natürlichen Pflanzendecke Schutz gegen die Sonne und dadurch die nöthige Feuchtigkeit zum Keimen erhalten. Indem der Menſch dieſe natürliche Pflanzendecke vernichtete, ſah er ſich gezwungen, ſeine Samen nicht bloß auszuſtreuen, ſondern auch möglichſt unter die Erde zu bringen, und ſie gegen die genannten ſchädlichen Einflüſſe und ſelbſt gegen die Vögel ſicher zu ſtellen. Es iſt keinem Zweifel unterworfen, daß im Allgemeinen dieſer Nachtheil am ſicherſten durch die Säemaſchinen beſeitigt wird, welche geſtatten, den Samen äußerſt regelmäßig in die vortheilhafteſte Tiefe zu bringen und gleichförmig mit Erde zu bedecken, indem nicht nur die Erſparniß der zahlreich verkümmernden und von den Vögeln weggefreſſenen Körner, welche die Egge nicht bedeckt hat, ſondern auch der viel ſchönere gleichförmige Stand der auf dieſe Weiſe untergebrachten Saaten hier in Anſchlag kommen.

Sehr bald machte man die Bemerkung, daß öfteres Umpflügen eines Neubruchs den Ertrag wenigſtens anfänglich erhöhe, und dieſelbe Beobachtung konnte bei der Bearbeitung ſehr weichen und ſchweren Bodens nicht lange der Aufmerkſamkeit der Landbauer entgehen. Dadurch bildete ſich das Vorurtheil, daß das Bearbeiten des Bodens durch den Pflug ſchon an ſich die Fruchtbarkeit vermehre. Die Wiſſenſchaft war lange ſo weit noch nicht fortgerückt, den wahren Grund der Erſcheinung einzuſehen und die aus der Bearbeitung hervorgehenden Nachtheile zu ermeſſen, um ſo Regeln für die Anwendbarkeit und Nichtanwendbarkeit geben zu können. Gar mancher Acker wurde durch den Pflug völlig ruinirt.

Endlich wurde man, wahrſcheinlich veranlaßt durch die üppige Vegetation der Unkräuter in der Nähe der menſchlichen Wohnungen, Viehſtälle, auf den Miſthaufen, und vielleicht ſelbſt durch die Beobachtung der kleinen, reichen Vegetationsflecken auf den Weiden, welche das weidende Vieh unabſichtlich gedüngt hatte, auf den Gedanken geführt, auch bei den Culturen im Großen, wo der Boden nicht mehr tragen wollte, Düngung anzuwenden. Nun bekam der Pflug eine neue Aufgabe, nämlich die Unterbringung des Düngers und die möglichſt gleichförmige Vermengung deſſelben mit dem Boden. Auf dieſe Weiſe kam es, daß nach und nach der Culturboden größtentheils der Vegetationsdecke ganz beraubt und umgeſtürzt den atmoſphäriſchen Einflüſſen preisgegeben dalag oder bei dem anfänglich ausſchließlichen Anbau der Cerealien durch dieſelben doch nur höchſt unvollſtändig geſchützt wurde. So war das Culturland in einen Zuſtand verſetzt, wo es ſich im entſchiedenen Nachtheile gegen den wilden Boden befand.

Abgeſehen von der Ernte und den dadurch dem Boden entzogenen Beſtandtheilen liegt dieſer Nachtheil des Culturbodens ganz entſchieden in

Digitized by Google

ſeiner Bearbeitung. So beſtimmt wir nachgewieſen haben und ſo entſchieden wir davon überzeugt ſind, daß der Humus oder die organiſchen Beſtandtheile des Bodens keinen nur irgend nennenswerthen Antheil an der unmittelbaren Ernährung der Pflanzen haben, ſo beſtimmt müſſen wir auf der andern Seite behaupten, daß an eine kräftige und üppige Vegetation in den meiſten Fällen ohne einen an Humus verhältnißmäßig reichen Boden gar nicht zu denken ſei. Zwar giebt es einige Bodenarten, wie wir deren ſchon früher von Peru und Cuba erwähnt haben, in denen die Miſchung des Thones mit den übrigen Beſtandtheilen eine ſo glückliche iſt, daß ſie auch ſelbſt einer reichen Vegetation durch Abſorption von Kohlenſäure, Ammoniak und zumal von Waſſer, die nöthige Menge von Nahrungsſtoff zuführen kann; in den meiſten Fällen wird aber ein ausſchließlich aus unorganiſchen Subſtanzen gebildeter Urboden anfänglich nur eine dürftige Vegetation nähren und dieſelbe wird erſt allmälig Schritt vor Schritt reicher werden, ſo wie ſich durch die abſterbenden Generationen der Reichthum des Bodens an Humus vermehrt.

Es verſteht ſich nun von ſelbſt, daß in einem Boden, dem man ſeine Pflanzendecke genommen hat, an eine Vermehrung des Humus nicht zu denken iſt, aber auch der vorhandene Humus wird durch die Bearbeitung eines Bodens mit außerordentlicher Schnelligkeit ſeiner völligen Vernichtung entgegengeführt.

§. 203. Ehe wir Vortheile und Nachtheile der Bodenbearbeitung durch den Pflug im Einzelnen aufzählen, wollen wir nur noch zwei Bemerkungen vorausſchicken. 1) Einerſeits müſſen wir jeder Behauptung von der Verbeſſerung des Bodens im Allgemeinen durch die Bearbeitung mit dem Pflug entſchieden widerſprechen, indem gerade ſie es iſt, welcher die Benachtheiligung des Culturbodens im Verhältniß zum wilden zugeſchrieben werden muß; andererſeits ſind wir aber auch von der unerläßlichen Nothwendigkeit des Pfluges überzeugt und erkennen unſere Aufgabe vorzüglich darin, nachzuweiſen, wie durch anderweitige Culturanſtrengungen die Nachtheile, welche der Pflug hervorgerufen hat, wieder gemildert oder wieder ausgeglichen werden.

2) Wir können hier die folgende Bemerkung nicht unterdrücken, obwohl ſie kaum zu unſerer Aufgabe gehört. — Der Pflug iſt ein Inſtrument, um im Großen die Arbeit auszuführen, welche der einzelne Arbeiter mit dem Spaten erreicht. Kein Pflug, ſelbſt der beſte nicht, iſt im Stande, auch nur annäherungsweiſe das zu leiſten, was ein guter Arbeiter bei einmaligem Umgraben mit dem Spaten leiſtet. Der Pflug arbeitet mit einem Worte bei weitem unvollkommener als der Spaten in der Hand des Menſchen. Daher eben erklärt ſich die Unmöglichkeit, einen Dampfpflug zu conſtruiren. Die Dampfkraft kann nur da angewendet werden, wo

Digitized by Google

mehr geleiſtet werden ſoll, als die Handarbeit des Menſchen vermag. Dieſelbe auf den Pflug anwenden, hieße einen Rieſen zum Stecknadelſortiren anſtellen. Vielleicht ließe ſich die Dampfkraft anwenden, um in einem einzigen Act den Boden vom Zuſtande der Stoppel oder Brache bis zur vollendeten Einſaat zu bearbeiten, aber ſicher nicht um weniger zu leiſten, als ein geſchickter Tagelöhner.

§. 209. Die Hauptwirkung des Pflugs, der Egge und aller ähnlichen Inſtrumente iſt natürlich zunächſt eine rein mechaniſche, eine Aufhebung des innern Zuſammenhangs. Dazu kommt aber beim Pflug noch eine Umwendung des Bodens in der Weiſe, daß die mit der Luft weniger in Berührung geweſenen Theile nunmehr die Oberfläche bilden, die frühere Oberfläche aber in die Tiefe kommt. Keinesweges iſt aber bei dem gewöhnlichen, 6 Zoll Tiefe nicht überſchreitenden Pflügen die Sache ſo aufzufaſſen, als ob dadurch eine Bodenſchicht, welche von den vorhergehenden Pflanzen mit ihren Wurzeln nicht erreicht ſei, nunmehr in die Höhe gebracht worden, indem die Wurzeln ſämmtlicher Culturpflanzen nicht unter 6 Zoll im Mittel in den Boden eindringen.

Dieſe mechaniſche Einwirkung der Ackerinſtrumente lockert den Boden auf, macht ihn den Waſſerdünſten und Gasarten der Atmoſphäre zugänglich und wirkt inſofern allerdings vortheilhaft. Indeſſen werden dieſe Vortheile bei leichtem Boden immer durch die ſpäter zu erwähnenden Nachtheile überwogen werden. Bei ſchwerem Boden liegt ſchon in der mechaniſchen Zertheilung ſelbſt in vielen Fällen ein großer Nachtheil. Die große Bündigkeit eines ſchweren Thonbodens kann nämlich dadurch etwas gemindert werden, daß wenigſtens ein Theil der Ackerkrume in groben, an der Luft erhärteten Brocken gleichſam die Rolle von Steinen vertritt. Je mehr ein ſolcher Boden durch Bearbeiten pulveriſirt wird, deſto bündiger wird er und deſto gewiſſer bildet er beim Austrocknen nach einem Regenguß eine ſteinharte, den Boden faſt verſchließende Kruſte.

§. 210. Durch das Auflockern und das Wenden des Bodens wird aber vorzugsweiſe auch der Einfluß der Atmoſphäre auf den Boden und zwar in bei weitem größerer Tiefe, als ſonſt geſchehen würde, möglich gemacht. Die Atmoſphäre aber, mit ihren zerſetzenden Einflüſſen greift den Reichthum des Culturbodens in ungleich größerem Maaße an, als ſelbſt die auf ihm wachſenden Pflanzen. Durch ein alle 3 bis 4 Tage ſich wiederholendes Umpflügen würde wahrſcheinlich ſchon in einem Jahre auch der reichſte Humusboden ſeinen Humusgehalt größtentheils verloren haben; ein Reſultat, was zehnjährige Ernten nicht hervorzubringen vermöchten, ſelbſt wenn man annehmen wollte, daß die Pflanzen ganz und gar auf Koſten des Humus lebten. Dieſe außerordentlich ſchnelle Zerſtörung des Humus iſt es vorzugsweiſe, wodurch die Bodenbearbeitung ſo verderblich für den

Digitized by Google

Culturboden wird; wäre das nicht der Fall, so würden wir uns einen großen Theil des Düngers, die Brache und viele Früchte der Wechselwirthschaft ersparen können, die nicht an sich, sondern nur dadurch vortheilhaft sind, daß sie jene Nachtheile ganz oder doch nahebei ausgleichen müssen.

§. 211. Zu dieser Zerstörung des Humus kommt nun aber noch die Beschleunigung der Verwitterung zu einer Zeit, wo die Verwitterungsproducte den Pflanzen nicht zu Gute kommen können und der Boden dem Auslaugen durch das Regenwasser aufs Höchste bloßgestellt ist. So wird durch die Bodenbearbeitung selbst der wichtigste und am allerschwersten zu ersetzende Reichthum an Mineralstoffen vermindert.

Endlich kommt zu diesem allen noch ein Nachtheil. Trifft den eben wund gemachten Boden bei einigermaßen geneigter Lage ein starker schlemmender Regen, so werden dem Boden unberechenbare Mengen seiner werthvollsten Bestandtheile weggeführt, was sich leicht aus einer einfachen Vergleichung des von einer Bergwiese mit dem von einem frisch gepflügten Acker abfließenden Wassers ergiebt. Der Schluß aus dem Allen ist eigentlich, daß die Bodenbearbeitung durch Pflug und Egge fast in jeder Beziehung schädlich ist, daß sie aber allerdings auch leider unvermeidlich erscheint.

§. 212. Eine unter Umständen sehr vortheilhafte Methode der Bodenbearbeitung findet hier ihre Stelle, nämlich das Brennen des Bodens. Durch das Auffahren von Torf und das Anzünden desselben wird eine tief eingreifende Wirkung auf den Boden hervorgebracht. Insofern die zurückbleibenden Aschenbestandtheile dem Boden einverleibt werden, gehört dieses Verfahren in das Capitel der Düngung. Die Wirkung der Hitze selbst ist aber eine sehr bedeutende und besonders auf schwerem, zu bündigem Thonboden von größtem Nutzen. Ein Theil des Bodens wird nämlich dadurch in einen Zustand versetzt, daß die einzelnen Brocken, in welche er durch den Pflug zerkleinert ist, durch den Regen nicht wieder aufgelöst und in später erhärtenden Brei verwandelt werden können, und so wird einer der wesentlichsten Nachtheile des schweren Thonbodens gemindert, ohne daß ihm seine übrigen vortheilhaften Eigenschaften genommen werden. Zugleich wird durch dieses Brennen der Reichthum des Bodens aufgeschlossen und somit den Pflanzen zugänglicher, indem leicht gebrannter Thon leichter verwittert als roher. In letzter Beziehung kann man das Brennen auch durch Auffahren von Aetzkalk theilweise ersetzen, indem dieser, so lange er in ätzendem Zustande verharrt, ebenfalls die Aufschließung der Silicate befördert.

Digitized by Google

D. Die Brache.

§. 213. Wenn wir über die Brache ſprechen wollen, ſo iſt es durchaus nothwendig, den eigentlichen Begriff derſelben erſt recht klar und beſtimmt hinzuſtellen. Kein Begriff in der Landwirthſchaft iſt im Laufe der Zeiten ſo verworren und unbeſtimmt geworden, kein Wort wird ſo ſehr mißbraucht, als das Wort Brache. Urſprünglich bebaute man den Boden ſo lange er eben tragen wollte; wenn die Ernten anfingen, ſchlecht zu werden, ſo ließ man ihn liegen und brach neues Land an. Wenn man endlich nach einer Reihe von Jahren zu dem erſten Lande zurückkehrte, fand man daſſelbe aufs Neue fähig, Ernten hervorzubringen. Dieſe Erfahrungen benutzend, bildete man ſich nach und nach das erſte und einfachſte Wirthſchaftsſyſtem, indem man jeden Acker eine gewiſſe Reihe von Jahren cultivirte und dann wieder eine gewiſſe Reihe von Jahren der Natur überließ. Einen ſolchen Acker, der für eine Zeit nicht benutzt wurde, nannte man »brach«. In dieſer urſprünglichen Bedeutuug finden wir dieſe Landwirthſchaft noch in vielen Gegenden der Erde und beſonders da, wo eine ſpärliche Bevölkerung auf großem Areal die künſtlichen Culturmethoden noch nicht nothwendig gemacht hat.

So iſt urſprünglich die Brachwirthſchaft der Düngerwirthſchaft entgegengeſetzt. Später erſt verſuchte man die Brache durch den Dünger zu erſetzen, gelangte aber nur dahin, die Brachzeit abkürzen zu können. Man muß nämlich bedenken, daß die erſten Culturen ſich nur um die Cerealien drehten, daß Hackfrüchte und Klee erſt im vorigen Jahrhunderte zu Culturpflanzen wurden. Die Hackfrüchte, indem man die Cultur derſelben im Großen anfing, der Kleebau, indem man ihn vom ſüdlichen Europa, vorzüglich aus Italien, wo er allerdings ſchon länger eingeführt war, entlehnte. Erſt hierdurch wurde eigentlich das Syſtem der Cultur mit Düngung im Gegenſatz zu den Culturen mit Brache vollendet. Nunmehr durch die Wechſelwirthſchaft konnte man die Brache ganz beſeitigen. Weil dieſe Veränderung aber nicht plötzlich, ſondern in allmäligen Uebergängen ſtattfanden, ſo wurde der Ausdruck Brache längere Zeit beibehalten und auf Dinge angewendet, auf welche er ſeiner urſprünglichen Bedeutung nach durchaus nicht paßte.

Wollen wir noch einen beſtimmten Begriff mit dem Worte verbinden, ſo können wir dieſen nur ſo ausdrücken: Brache iſt der Zuſtand des Culturbodens, in welchem wir während einem oder mehrer Jahre demſelben weder durch Ernten etwas entziehen, noch durch Düngung etwas hinzufügen. In dieſem ſtrengen

Sinne gehört eigentlich schon das Beweiden des Brachfelds einer andern Culturmethode an, da die Ernährung des Viehes von dem Boden nichts als eine indirecte Ernte ist. Indeß sind die Verhältnisse zwischen Beweiden und den wirklichen Ernten doch so mannichfach verschieden, und durch das Beweiden geschieht dem eigentlichen Zwecke der Brache verhältnißmäßig nur so geringer Abbruch, daß wir das Beweiden immerhin als mit unter den Begriff »der Brache« fallend ansehen können.

Um zu wissen, wie die Brache wirkt, brauchen wir uns nur deutlich zu §. 214.
machen, welche Veränderungen überhaupt in einem Boden vorgehen können, der nicht cultivirt wird. Man kann die Brache zweckmäßig eintheilen in die grüne und in die schwarze Brache. Bei der erstern erlaubt man dem Boden, sich vollständig zu benarben, d. h. mit einer dichten Decke von Unkräutern zu überziehen, bei der zweiten dagegen vernichtet man durch wiederholtes Umpflügen die Decke, so wie sie sich gebildet hat, gleich wieder und setzt den Boden so der fortwährenden Einwirkung der Atmosphäre aus. Die Wirkungen müssen daher in beiden Fällen ganz verschieden sein.

1) Die dichte Bedeckung eines Bodens mit Vegetation verhindert in vielfacher Weise die Einwirkung der Atmosphäre auf denselben. Durch das Laub der Pflanzen werden die Sonnenstrahlen abgehalten, daher die unmittelbare Verdunstung der Feuchtigkeit aus dem Boden verhindert. Dieselbe wird daher für die Pflanzen erhalten und diese können sich üppiger entwickeln, um so mehr, da durch die größere Feuchtigkeit auch eine stärkere Absorption von Ammoniak und Kohlensäure hervorgerufen wird. Die dichte Bedeckung des Bodens schließt ferner den Zugang der bewegten Luft ab; dadurch wird einestheils ebenfalls die Verdunstung gehemmt, indem die Luftschicht unmittelbar auf dem Boden sich bald mit Feuchtigkeit sättigt, anderntheils wird dadurch die Verwesung des Humus verhindert oder verlangsamert, indem sehr bald eine Atmosphäre von Kohlensäure, dem Product der Verwesung, die Humusbestandtheile umgiebt, somit den Zutritt neuen Sauerstoffs und also die weitere Verwesung verhindert. Bei der geringeren Berührung der Atmosphäre und ihren Einflüssen kann die Verwitterung der im Boden enthaltenen verwitterbaren Bestandtheile nur langsam fortschreiten; die Verwitterungsproducte gehen sogleich in die Pflanzen über und werden hier angesammelt. Der Humus des Bodens wird aber schon durch die absterbenden kleineren Pflänzchen, so wie durch die unteren Blätter und Zweige der größeren fortwährend vermehrt. Mehr noch geschieht dies, bei dem völligen Umbruch des Brachfeldes, durch die Einverleibung sämmtlicher darauf gewachsener Pflanzen, so daß in dieser Beziehung Brache und Gründüngung auf gleicher Stufe stehen. In allen diesen Beziehungen empfiehlt sich die grüne Brache, wo Brache über-

Digitized by Google

haupt wegen der übrigen Verhältnisse anwendbar ist, vorzugsweise für armen und leichten Boden.

2) Bei der schwarzen Brache gönnt man den Pflanzen nicht die Zeit, zu irgend einer vollkommenen Entwickelung zu gelangen. Die Vermehrung des Humus kann daher auch nur eine geringe sein. Dagegen geht bei dem beständigen Wundmachen des Bodens, wodurch der Zugang der Atmosphäre in die Tiefe erleichtert und immer neue Theile des Bodens mit derselben in Berührung gebracht werden, die Verwesung des Humus und die Verwitterung der Mineralien außerordentlich schnell von statten. Der Humus muß sich daher bei der schwarzen Brache schnell vermindern; die Verwitterungsproducte würden sich zwar im Boden bedeutend anhäufen, wenn nicht der Boden zugleich zu sehr dem Auslaugen durch den Regen ausgesetzt wäre. Kurz, die schwarze Brache ist die unvortheilhafteste Behandlung, die man einem Boden angedeihen lassen kann, zulässig nur an einem schweren, an Mineralien reichen Boden, und vortheilhaft nur da, wo der Boden wegen seiner eigenthümlichen physikalischen Verhältnisse auf keine andere Weise, als durch wiederholte Umarbeitung, die nöthige Lockerheit erhalten kann.

§. 215. Bei den gewöhnlichen Erklärungsarten der Brache kommt noch häufig das Wort vor, »der Boden müsse sich ausruhen.« So hingestellt, ist das Wort ein einfacher Unsinn; der Boden hat keine Nerven und Muskeln; er bewegt sich nicht, arbeitet nicht und braucht daher auch keine Ruhe. Einen bessern Sinn giebt schon die allerdings nur für die grüne Brache anwendbare Rede, »der Boden bedarf der Ruhe vom Pfluge.« Wir haben im Vorigen schon ausführlicher entwickeln müssen, welche außerordentliche Nachtheile im Allgemeinen die Bearbeitung des Bodens durch den Pflug mit sich führt.

E. Düngung.

§. 216. Unter diesem Worte fassen wir hier alle diejenigen landwirthschaftlichen Operationen zusammen, bei denen wir dem Boden materiell etwas hinzufügen, versteht sich außer den Culturpflanzen selbst.

Wir haben schon im Vorigen daran erinnert, wie der Gedanke an die Düngung ursprünglich entstanden ist, und deshalb war auch das erste Düngematerial, zu welchem man seine Zuflucht nahm, die thierischen Excremente und sonstige nicht mehr brauchbare Abfälle des Haushaltes. Nach und nach suchte man sich die Wirkung des Düngers zu erklären und kam dabei, dem allerdings noch mangelhaften Zustande der Naturwissenschaften entsprechend, auf mancherlei höchst verkehrte Ansichten, die dann leider zum größten Theil bei den Landwirthen auch dann noch stehen blieben,

Digitized by Google

als die Naturwissenschaften sich zu höhern und richtigern Ansichten fortgebildet hatten.

Dieses Nachdenken über die Wirkung des Düngers hatte aber den vortheihaften Einfluß, daß man, bald von dieser, bald von jener Ansicht geführt, zu den verschiedenartigsten Ersatzmitteln des Stalldüngers griff, über die Wirkungen desselben Beobachtungen sammelte und so eine Summe von Thatsachen zusammenbrachte, welche mannichfaltig genug sind, um nach ihnen die falschen Ansichten über die Bedeutung des Düngers zu berichtigen und richtige Ansichten aus ihnen zu entwickeln. Wir können nicht sagen, daß diese richtigeren Ansichten raschen und allgemeinen Eingang gefunden hätten. Den Grund dieser Erscheinung finden wir nur darin, daß es gerade den Männern, welchen es vorzugsweise obgelegen hätte, die Fortschritte der Wissenschaft für die Landwirthschaft zu verwerthen, so sehr an gründlicher naturwissenschaftlicher Bildung fehlte, daß sie die Erwerbnisse der Wissenschaft gar nicht verstanden oder ganz verkehrt auffaßten.

Daß keine landwirthschaftliche Operation ganz ausschließlich nur Eine Bedingung des Pflanzenlebens befriedige, zeigt sich am auffallendsten bei der Düngung. Soweit überhaupt der Mensch verändernd auf den Culturboden einwirken kann, geschieht es fast allein durch diese, und die Zuführung von Nahrungsstoff für die Pflanze im Dünger ist so weit entfernt, das Einzige zu sein, daß es sogar in manchen Fällen zweifelhaft erscheinen könnte, ob es überall nur die Hauptsache ist. Jedenfalls muß man bei der Untersuchung der Wirkungsweise des Düngers sehr sorgfältig alle die einzelnen Verhältnisse, auf welche er verändernd einwirken kann, von einander trennen.

Weit davon entfernt, die organische Substanz im Dünger für unwirk- §. 217.
sam und überflüssig erklären zu wollen, glauben wir doch die Lehre von der Düngung nicht besser einleiten zu können, als mit dem Nachweise, daß die organische Substanz des Düngers bei weitem die Nebensache und namentlich zum Nahrungsstoff für die Pflanzen weder bestimmt noch ausreichend sei. Von allen denjenigen Düngesubstanzen, welche keine organischen Substanzen enthalten, können wir hier selbstverständlich absehen. Trennen wir unsere Aufgabe in zwei Theile, indem wir die Frage einmal ganz allgemein so stellen, was können wir ohne Rücksicht auf die Bestimmung dem Acker wieder zurückgeben? und zweitens können wir mit den organischen Bestandtheilen des Düngers den Nahrungsbedarf der Pflanzen decken und können dieselben überhaupt Nahrungsstoffe sein? so möchten hier noch folgende Bemerkungen am Platze sein.

1) Alles, was wir dem Boden entziehen, geht seinem Zwecke gemäß durch den menschlichen Haushalt durch und kommt nie in der Form und der Menge, in der es gewonnen wurde, in einen solchen Zustand, daß

Digitized by Google

wir es als anderweitig unbrauchbare Subſtanz zum Dünger verwenden können. Setzen wir voraus, daß die größtmöglichſte Sorgfalt darauf gerichtet würde, von den gewonnenen Subſtanzen beim Durchgange durch den menſchlichen Haushalt nichts unnöthigerweiſe verloren gehen zu laſſen, ſo wird das Reſultat Folgendes ſein. Die gewonnenen Stoffe ſind entweder Brennſtoffe und Nahrungsſtoffe, alſo zur ſchnellen Conſumtion, oder Nutzſtoffe, alſo zum länger andauernden Gebrauch beſtimmt. Bei allen Verbrennungsproceſſen wird die organiſche Subſtanz vollſtändig zerſtört, und es bleibt beim ſorgfältigſten Sammeln nichts als Aſche. Beim Ernährungsproceß wird nach dem Früheren (Seite 300 dieſes Bandes) die organiſche Subſtanz um bei Weitem mehr als die Hälfte vermindert. Beim ſorgfältigſten Sammeln erhalten wir zwar ſämmtliche Aſchenbeſtandtheile, aber ſelbſt nach den mäßigſten Angaben berechnet, zeigt die Gewinnung des Stallmiſtes im Verhältniß zum verbrauchten Nahrungsmaterial einen Verluſt von 50 und mehr Procenten der organiſchen Subſtanz, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Ein Arbeitspferd liefert täglich:

in			trockene organiſche Subſtanz		
15	Pfund	Heu . . .	11,74	Pfund.	
5	»	Hafer . . .	4,07	»	
5	»	Streuſtroh .	3,40	»	
			19,21	»	— 19,21

Es liefert täglich:

im Miſt				
33,31	Pfd.	Urin u. Koth	6,56	Pfund
5,00	»	Streuſtroh .	3,40	»
			9,96	»
Friſcher Miſt verliert bis zur Reife etwa 1/6 . .			1,66	»
			8,30	» — 8,30

Verluſt an organiſcher Materie vom Producte des Feldes bis zum Miſt, der aufs Feld zurückkehrt . . . . . 10,91 = 56 Proc.

Digitized by Google

Eine Milchkuh:

32 Pfd. Kartoffeln . .	8,46 Pfund		
16 » Grummet . .	12,15 »		
8 » Streustroh . .	5,44 »		
	26,05 »	—	26,05 Pfd.
78,28 Pfd. Urin u. Koth	0,77 Pfd.		
8,00 » Streustroh .	5,44 »		
	14,21 »		
1/6 Verlust	2,36 »		
	11,85 »	—	11,85 »
Gesammtverlust	14,2 »	=	54 Proc.

Ein Schwein mittlerer Größe:

15 Pfd. Kartoffeln . . .	3,96 Pfd.		
4 » Streustroh . . .	2,72 »		
	6,68 »	—	6,68 Pfd.
9 » Urin und Koth .	1,28 »		
3 » Streustroh . . .	2,72 »		
	4,00 »		
1/6 Verlust	0,67 »		
	3,33 »	—	3,33 Pfd.
Gesammtverlust	3,35 »	=	50 Proc.

Beim Menschen fehlen noch die genaueren Grundlagen. Nach Valentin (Physiologie, I. 765) würde von 500 Gr. = 1 Pfd. fester organischer Substanz etwa 70 Gr. = 4½ Loth durch Urin und Koth entleert. Der Verlust beträgt also 27½ Loth = 84 Proc.

Verfolgen wir endlich die Nutzstoffe, so finden wir, daß diese immer längere Zeit den zersetzenden Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt bleiben; sie nutzen sich ab, wie man zu sagen pflegt. Was wir bei der größten Sorgfalt erhalten und sammeln können, wäre immer nur die unorganische Substanz mit einem verhältnißmäßig sehr geringen Antheil an organischen Stoffen. Man bedenke nur, wie viel, oder richtiger, wie wenig wir von sämmtlichen Gespinnstpflanzen wieder auf unsere Aecker zurückzubringen im Stande sind. Kurz, es zeigt sich sehr einfach, daß wir mit all unserm Dünger nicht im Stande sind, dem Boden irgend einen beträchtlichen Theil der ihm in der Ernte genommenen organischen Substanz zurückzugeben, wobei der große Verlust, den der Boden bei der Bearbeitung durch Verwesung leidet, noch gar nicht in Anschlag gebracht ist.

Digitized by Google

Eben weil wir nicht im Stande ist, durch den Dünger den Boden für die organischen Bestandtheile Ersatz zu leisten, ist jede Pflanzencultur mit bloßer Düngung eine Unmöglichkeit, und wir sind gezwungen, entweder zur Brache oder zum Kleebau bei der Wechselwirthschaft unsere Zuflucht zu nehmen, um dem Boden durch die Pflanzen selbst das wieder geben zu lassen, was wir durch unsere Düngung nicht wieder geben können. Die organische Substanz kann also, ganz allgemein genommen, nur Nebensache, nie Hauptsache im Dünger sein.

§. 218. 2) Daß die organische Substanz des Düngers insbesondere nicht Nahrungsstoff für die Pflanze sei, ist schon zur Genüge an den verschiedensten Stellen dieses Werkes nachgewiesen worden. Wir kommen hier nur einerseits der Vollständigkeit wegen, andererseits deshalb darauf zurück, um noch einige, nicht unwichtige Bemerkungen hinzuzufügen.

Das eine betrifft die Unwahrscheinlichkeit, daß der Humus von den Pflanzen aufgenommen werde. Die Versuche, welche de Saussure über die Ernährung der Pflanzen und insbesondere über die Aufnahme verschiedener Stoffe durch die Pflanzen anstellte, haben gezeigt, daß die Mengen, welche sie aufnehmen, fast ganz abhängig sind von dem Grade der Flüssigkeit der Auflösung oder mit anderen Worten von der Leichtigkeit, mit welcher dieselben durch ein Filtrum durchgehen. So z. B. filtriren schwefelsaure und salzsaure Alkalien viel schneller durch als essigsaure und salpetersaure Kalkerde, werden aber auch in ungleich größeren Mengen von den Pflanzen aufgenommen. Zucker, in Wasser gelöst, filtrirt sich leichter als Gummi und noch leichter als Humusextract, wenn alle drei Flüssigkeiten gleichmäßig concentrirt sind. Die Pflanzen nehmen aber auch noch ein mal so viel Gummi als Humusextract und viermal so viel Zucker auf. Die folgende Tabelle enthält die hierher gehörigen Versuche von de Saussure mit zwei verschiedenen Pflanzen angestellt. Die Pflanzen, nämlich Polygonum persicaria und Bidens cannabina wurden vorsichtig ausgehoben und dann so lange in Wasser gehalten, bis sämmtliche Wurzelspitzen anfingen, wieder fortzuwachsen; sodann wurden die Pflanzen in verschiedene Flüssigkeiten gestellt, welche auf einen Theil Wasser genau 0,018 Theile fester Substanz enthielten. Der Versuch wurde unterbrochen, wenn genau die Hälfte von der Flüssigkeit aufgenommen worden war, wobei also auch genau die Hälfte der aufgelösten Substanzen von den Pflanzen hätte aufgenommen sein müssen. Es zeigte sich aber, daß in allen Fällen die Pflanze mehr Wasser als aufgelöste Substanz aufgesogen hatte, und wenn man die trockene Substanz überall gleich 100 setzt, so hatten die Pflanzen folgende Mengen davon aufgenommen.

Digitized by Google

Polygonum Persicaria nahm auf von:

Salpetersaurer Kalkerde	4 Proc.
Humusextract	5 »
Essigsaurer Kalkerde	8 »
Gummi	9 »
Salmiak	12 »
Chlornatrium	13 »
Schwefelsaurem Natron	14 »
Chlorkalium	15 »
Zucker	29 »

Bidens cannabina nahm auf von:

Humusextract	6 Proc.
Gummi	8 »
Salpetersaurer Kalkerde	8 »
Essigsaurer Kalkerde	8 »
Schwefelsaurem Natron	10 »
Chlornatrium	15 »
Chlorkalium	16 »
Salmiak	17 »
Zucker	32 »

Die Unwahrscheinlichkeit, daß die Pflanzen Humus aufnehmen, geht aber auch daraus hervor, daß bis jetzt auch in den äußersten Zellen der Wurzelspitzen niemals Spuren von Humusbestandtheilen wahrgenommen sind, welche sich doch durch ihre dunkelbraune Farbe so leicht verrathen müßten. Man hat dem entgegnet, daß die Stoffe schon beim Durchdringen durch die Wände durch die Endosmose verändert werden. Die Behauptung ist rein aus der Luft gegriffen, denn alle bisher über die Endosmose gemachten Versuche ohne Ausnahme zeigen uns, daß die Stoffe durch die endosmotische Membran unverändert durchgehen. Wenn man aber gesagt hat, es sei hier ganz dasselbe, wie bei der Ernährung der Thiere, wo der Futterbrei in den Eingeweiden grün, die Flüssigkeit in den lymphatischen Gefäßen des Darms aber weiß sei, so würde man eine solche Bemerkung einem unwissenden und naseweisen Bauern zwar zu Gute halten, empören muß aber eine solche Leichtfertigkeit bei einem Chemiker, der recht gut weiß oder wissen sollte, daß die lymphatischen Gefäße nur Eiweiß und Fett aufnehmen, welche vor der Aufnahme in dem vielfach gemengten Speisebrei gerade so farblos sind, wie nach der Aufnahme und daß die Flüssigkeit in den Lymphgefäßen gerade deswegen nicht grün ist, weil das im Speisebrei enthaltene Chlorophyll nicht von den Lymphgefäßen mit aufgenommen wird. Diese Analogie würde also gerade noch

Digitized by Google

mehr beweisen, daß die Wurzeln aus den vielfach gemengten flüssigen Bestandtheilen der Erde vielleicht alles aufnehmen, aber gerade den braunfärbenden Humus nicht.

Sodann können wir nicht umhin, hier auf ein Werk zurückzukommen, welches abermals und hoffentlich zum letztenmal die alte Theorie der Pflanzenernährung durch den Humus gegen die neuere Wissenschaft zu vertheidigen versucht hat; das Buch heißt: »Thaer oder Liebig.« Der Letzte hat es sehr mit Recht nicht der Mühe werth gehalten, darauf zu antworten. In einem Werke, wie das gegenwärtige, welches ausdrücklich für Landwirthe bestimmt ist, wäre aber ein solches stillschweigendes Uebergehen am unrechten Orte. Um aber hier den Gang der Untersuchungen nicht zu unterbrechen, wollen wir den Nachweis der auffallenden Mangelhaftigkeit dieses Buches in einem besonderen Anhange ausführen und hier nur darauf verweisen.

§. 219. Bei der Betrachtung der Düngungssubstanzen ist es durchaus nothwendig, daß wir die einzelnen Wirkungen, welche dieselben auf das Pflanzenwachsthum haben können, sorgfältig unterscheiden und in allen Fällen genau das Wesentliche von dem Unwesentlichen, die Hauptwirkung von der Nebenwirkung trennen. Vor allem werden wir hier den Gesichtspunkt der Ernährung ins Auge zu fassen haben, und nach Allem, was bereits darüber mitgetheilt ist, werden wir dabei die unorganischen Stoffe als die Hauptsache, die organischen als sehr unbedeutende Nebensache anzusehen haben. Nächst dem Gesichtspunkte der Ernährung wird dann die Einwirkung des Düngers auf den mechanischen Zusammenhang und die physicalischen Eigenschaften des Bodens in Betracht zu ziehen sein. Hierbei sind es umgekehrt gerade die organischen Bestandtheile, welche uns wichtig werden, während die unorganischen in den meisten Fällen eine untergeordnete Rolle spielen. Aber selbst in dieser Beziehung führt uns die Erfahrung darauf, daß wir mit der organischen Substanz der gewöhnlichen Düngemittel durchaus nicht auslangen, sondern daß wir Brache, Kleebau oder Bewässerung zu Hülfe nehmen müssen. In allen Fällen also zeigt es sich, und wir können es nicht oft genug wiederholen, daß die organische Substanz des Düngers immer eine große Nebensache bleibt, die sich unter Umständen anderweitig und sogar vortheilhaft ersetzen ließe, während die unorganischen Substanzen durch nichts als durch sich selbst vertreten werden können.

Wir werden die folgenden Betrachtungen so abtheilen, daß wir erst den Dünger ganz im Allgemeinen ins Auge fassen, wobei wir vorzugsweise allerdings den Stallmist berücksichtigen, dann aber die einzelnen Düngersubstanzen besonders vornehmen.

Digitized by Google

I. Vom Dünger im Allgemeinen.

A. Der Dünger als Nahrungsstoff für die Pflanzen.

§. 220. Ganz im Allgemeinen unterliegt es keinem Zweifel, daß der Boden die Pflanzen ernährt, welche auf ihm wachsen, daß mit der Ernte die zur Ernährung der Pflanzen gebrauchten Stoffe dem Boden genommen werden, daß also der Boden nach und nach die Fähigkeit, Pflanzen zu erzeugen, verlieren muß, wenn er nicht für das ihm Entzogene vollständigen Ersatz erhält. Unzweifelhaft ist nach dem Vorigen, daß wir für die in der Ernte gewonnenen organischen Substanzen ohne Zufuhr von Außen her, also durch das Sammeln der organischen Abfälle der Wirthschaft, den Ersatz zum bei weitem größten Theil unmöglich leisten können, also auch in unserm Dünger nicht leisten, daß wir dagegen für die unorganischen Bestandtheile fast vollständigen Ersatz dem Boden gewähren können und gewähren. Unzweifelhaft ist also, daß die unorganischen Substanzen des Düngers die Hauptsache, die organischen jedenfalls nur Nebensache sind. Alle Erörterungen über den Dünger, bei denen dieses Verhältniß umgekehrt und die organische Substanz in den Vorgrund gestellt wird, sind also, weil auf gänzlicher Unkenntniß der thatsächlichen Grundlagen beruhend, als verfehlt und unbrauchbar bei Seite zu legen. Da dies leider der Charakter aller bisherigen von landwirthschaftlichen Schriftstellern gegebenen Düngertheorien ist, die alle die unorganischen Substanzen entweder ganz übergehen oder doch als Nebensache höchst oberflächlich behandeln, so fehlt es uns auch in der Lehre vom Dünger überall an wirklichen, erfahrungsmäßig festgestellten Thatsachen und brauchbaren Versuchsreihen, die nur von denen gegeben werden können, deren Beruf eben die wissenschaftliche Fortbildung der Landwirthschaft ist. So werden wir gezwungen, auch hier statt wirklicher Resultate vielfach nur die Andeutungen zu geben, welche Thatsachen und Erfahrungen noch als Grundlage zur Erringung künftiger Resultate zu sammeln sind.

a) Die unorganischen Bestandtheile der Düngersubstanzen.

§. 221. Man mag über die Aschenanalysen der Pflanzen denken, wie man will, so sind doch folgende Betrachtungen unwiderleglich und geben uns feste Anhaltspunkte für die hier einschlagenden Untersuchungen. Die sämmtlichen Thiere leben und ernähren sich nur auf Kosten der Pflanzenwelt, als Fleischfresser mittelbar, als Pflanzenfresser unmittelbar. Namentlich sind unsere Culturpflanzen bei Weitem der Hauptsache nach für die Ernährung der Thiere und Menschen bestimmt. Was das Thier zu

Digitized by Google

seiner Ernährung bedarf, muß die Pflanze also auch als nothwendigen und wesentlichen Bestandtheil, nicht bloß als zufälligen erhalten, denn im letzteren Falle könnte eben durch einen unglücklichen Zufall einmal die ganze Thierwelt aus Mangel an Nahrungsstoff aussterben. Nun können aber die Säugethiere, um die es sich hier zunächst allein handelt, ohne Kalk und Phosphorsäure für ihre Knochen, ohne Eisen für den Blutfarbestoff, ohne Natron für die Galle, ohne Salzsäure für den Magensaft, und höchst wahrscheinlich ohne Kali und Schwefelsäure, welche wir in allen Flüssigkeiten des thierischen Körpers finden, nicht leben. Die genannten unorganischen Stoffe müssen daher auch als nothwendige und wesentliche Bestandtheile in allen Nahrungspflanzen vorhanden sein. Hierzu können wir noch für die Familie der Gräser die Kieselerde hinzufügen, für welche wir zwar keine wesentliche Rolle in der Ernährung des Thiers zu bestimmen vermögen, von welcher wir aber aus Experiment und Erfahrung mit Sicherheit wissen, daß sie ein unvermeidlich nothwendiger Nahrungsstoff für die Gräser ist. Für unsere Culturthätigkeit sind aber die genannten Stoffe keineswegs von gleicher Wichtigkeit, denn es versteht sich z. B. von selbst, daß wir uns nicht groß um die Zufuhr der Kieselerde zu kümmern haben, welche vielleicht mit wenigen Ausnahmen überall auf der Erde in genügender Menge verbreitet ist, während sich unsere Sorge ganz vorzüglich auf die Phosphorsäure richten muß, die zu den am seltensten und in geringster Menge vorkommenden Stoffen gehört. Wenn wir alle die genannten Substanzen nach der Wichtigkeit anordnen, welche sie für unsere Culturthätigkeit haben, so erhalten wir folgende Reihe:

§. 222. 1) Phosphorsäure. Bei der großen Menge des phosphorsauren Kalkes, welchen die Knochen der Thier enthalten, ist die Phosphorsäure unzweifelhaft von allen unorganischen Substanzen diejenige, welche die erste Berücksichtigung verdient. Zugleich ist aber auch die Phosphorsäure eine der am wenigsten verbreiteten Mineralbestandtheile und findet sich in allen Gesteinen nur in geringer Menge; die Phosphorsäure muß daher vor allem die Aufmerksamkeit des Landmanns beschäftigen. In den organischen Abfällen, welche wir als Dünger sammeln, findet sich die Phosphorsäure größtentheils in Form von phosphorsaurem Kalk oder phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde, also in unlöslichen Verbindungen. Aus diesem Grunde können wir sie ziemlich vollständig sammeln und dem Boden wieder einverleiben. Gleichwohl geht ein nicht unbeträchtlicher Theil theils durch Unaufmerksamkeit, theils durch manche vom Vorurtheil geheiligten Gebräuche verloren. Vorzugsweise sind es hier die Excremente der Menschen, welche außerordentlich reich an Phosphorsäure gleichwohl häufig noch durch die Gebräuche der Cultur entzogen werden. Ganz be-

Digitized by Google

sonders findet dieses in England statt und die englischen Ströme haben seit Jahrhunderten unschätzbare Mengen dieser werthvollen Substanz dem Meere zugeführt. Nur zum Theil konnte dieser Verlust an den Küstengegenden durch die Düngung mit Meeresproducten und namentlich mit Fischen aus dem Meere ersetzt werden, und England hat sich genöthigt gesehen, viele Jahre hindurch in ganz Europa mit schwerem Gelde die Knochen aufzukaufen, um seinem erschöpften Boden die Phosphorsäure wieder zuzuführen, welche für die reichen Waizenernten unentbehrlich waren. Leider blieben auch die Deutschen eine lange Zeit gutmüthig und unwissend genug, die Knochen herzugeben, statt sie selbst zu verwerthen. Ohne Zweifel kann man für die englische Landwirthschaft eine eigene Periode seit der Einführung der Knochendüngung datiren.

Man hat viele Versuchsreihen, welche nachweisen sollen, daß der Dünger um so vortheilhafter wirke, je reicher er an Stickstoff sei. Da diese Versuche, von einem bestimmten Vorurtheil ausgehend, höchst einseitig angestellt sind, so ist es leider unmöglich, dieselben anderweitig zu benutzen, wenigstens fehlt es dabei an genauen Zahlenangaben, aber schon eine ungefähre Betrachtung der vorhandenen Angaben zeigt, daß bei den verschiedenen Düngemitteln fast in demselben Maaße, wie sie sich als vortheilhafter bewähren, auch ihr Gehalt an Alkalien oder Phosphorsäure steigt, so daß wenigstens der Schluß auf die Bedeutung des Stickstoffgehaltes derselben zunächst als ein ganz voreiliger erscheint. Die folgenden beiden Tabellen, die älteren Versuche von Hermbstädt und die neueren sehr ausführlichen von Kuhlmann enthaltend, sind geeignet, dieses Verhältniß klar zu machen.

Versuche mit verschiedenen Düngerarten von Hermbstädt.

§. 223. Die verschiedenen Düngerarten wurden rein und ohne Vermengung mit Streumitteln gesammelt und bei einer Temperatur, welche 10° R. nicht überstieg, ausgetrocknet. Ein sandiger Lehmboden wurde in 10 Beete, jedes von 100 Quadratfuß Flächenraum, abgetheilt, sodann im Monat October in jedes einzelne derselben eine gleiche Gewichtsmenge von einer der verschiedenen getrockneten Düngerarten untergegraben; nur das zehnte blieb ganz ohne Düngung. Im Monat März des folgenden Jahres wurden sämmtliche Beete aufs Neue umgegraben und jedes mit 16 Loth Samenkörner von einer und derselben Art Sommerwaizen in Reihen besäet. Auf allen Beeten ging der Samen gleichförmig auf, von allen konnten die Aehren im August eingeerntet werden; aber sowohl in Länge und Dicke der Halme, als auch in der Ausbildung der Aehren und in der Größe des Körnerertrags zeigte sich ein merklicher Unterschied; dasselbe war der Fall hinsichtlich der Quantität der verschiedenen chemischen Grundstoffe in jenen zehn Sorten Waizen. Folgendes sind die Resultate dieser Untersuchungen,

Digitized by Google

geordnet nach dem Körnerertrage, welchen die verschiedenen Düngerarten lieferten:

	Düngerarten									
	Rindsblut.	Menschenkoth.	Schafmist.	Ziegenmist	Menschenharn.	Pferdemist.	Taubenmist	Kuhmist.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
	Körnerertrag									
	vierzehnfacher.	vierzehnfacher.	zwölffacher.	zwölffacher.	zwölffacher.	zehnfacher.	neunfacher.	siebenfach.	fünffacher.	dreifacher.
	Chemische Zusammensetzung in 5000 Theilen									
Natürliche Feuchtigkeit	215	217	214	215	250	217	215	211	211	210
Hülsensubstanz	695	700	698	714	712	700	700	697	702	700
Kleber (Triticin) . . .	1712	1697	1645	1644	1755	684	610	598	480	460
Amylon	2065	2072	2140	2121	1996	3082	3159	3117	3297	3333
Getreideöl	45	55	54	45	54	50	46	52	49	50
Eiweiß	53	65	65	66	70	56	48	50	40	36
Schleimzucker	94	80	75	78	74	84	98	99	99	96
Gummi	92	80	78	78	80	86	96	95	95	94
Saurer phosphorsaurer Kalk	26	30	36	35	40	38	25	25	24	18
Verlust	3	4	4	4	5	3	3	4	3	3
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Digitized by Google

In Bezug auf die Production von Amylon und Kleber ordnen sich die verschiedenen Düngerarten folgendermaßen:

Düngerarten.	Klebergehalt in absteigender Linie		Düngerarten.	Amylongehalt in aufsteigender Linie	
	in 5000 Theilen	in 100 Theilen		in 5000 Theilen	in 100 Theilen
Menschenharn	1755	35,10	Menschenharn	1995	39,30
Rindsblut	1712	34,24	Rindsblut	2065	41,30
Menschenkoth	1097	33,14	Menschenkoth	2072	41,44
Schafmist	1645	32,90	Ziegenmist	2121	42,43
Ziegenmist	1644	32,88	Schafmist	2140	42,80
Pferdemist	648	13,68	Pferdemist	3082	61,64
Taubenmist	610	12,20	Kuhmist	3117	62,34
Kuhmist	598	11,96	Taubenmist	3159	63,18
Pflanzenerde	480	9,60	Pflanzenerde	3297	65,94
Ungedüngter Boden .	460	9,20	Ungedüngter Boden .	3333	66,69

Digitized by Google

Verſuche mit dem Roggen. Es wurde der gemeine Winterroggen und zwar der ſogenannte Staudenroggen zu dieſen Verſuchen gewählt. Jedes einzelne Beet war mit 25 Pfund derſelben wie beim Waizen gebrauchten Düngemittel vorbereitet. Die Beete wurden im Frühjahr umgegraben und der Dünger ſogleich untergebracht. Die Ausſaat der Körner geſchah im darauf folgenden Herbſt, im Anfang des Octobers, und zwar in Reihen, 5 Zoll tief. Jedes einzelne Beet erhielt 16 Loth Körner. Nach der im folgenden Sommer davon gemachten Ernte ergaben ſich folgende Reſultate:

	Düngerarten									
	Rindsblut.	Menſchenkoth.	Schafmiſt.	Ziegenmiſt.	Menſchenharn.	Pferdemiſt.	Taubenmiſt.	Kuhmiſt.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
	Körnerertrag									
	vierzehnfacher.	dreizehnfacher.	dreizehnfacher.	dreizehnfacher.	dreizehnfacher.	eilffacher.	neunfacher.	neunfacher.	ſechsfacher.	vierfacher.
	Chemiſche Zuſammenſetzung in 5000 Theilen									
Natürliche Feuchtigkeit	504	500	500	501	505	500	500	500	499	500
Hülſenſubſtanz	520	536	544	544	540	537	525	520	536	505
Kleber (Secalin) . .	600	598	598	599	600	599	580	540	440	430
Amylon	2612	2620	2616	2612	2510	2560	2610	2715	2756	2814
Oel	50	45	59	49	54	49	48	45	45	45
Eiweiß.	180	160	170	172	178	140	185	100	130	129
Schleimzucker	180	178	180	174	160	200	188	196	240	236
Gummi	310	313	304	300	230	230	238	285	260	270
Saure phosphorſaure Salze.	40	45	30	43	209	179	118	91	88	65
Verluſt	4	5	4	6	6	6	4	8	6	6
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Digitized by Google

Versuche mit der Gerste. Zu den Versuchen wurde die gemeine kleinkörnige Sommergerste gewählt. Der Anbau wurde mit denselben Düngerarten und auch in gleichen Massen veranstaltet, wie bei den vorigen Getreidearten. Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Düngerarten									
	Rindsblut.	Menschenkoth.	Schafmist.	Ziegenmist.	Menschenharn.	Pferdemist.	Taubenmist.	Kuhmist.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
	Körnerertrag									
	sechszehnfacher.	dreizehnfacher.	sechszehnfacher.	fünfzehnfacher.	dreizehnfacher.	dreizehnfacher.	zehnfacher.	eilffacher.	siebenfacher.	vierfacher.
	Chemische Zusammensetzung in 5000 Theilen									
Natürliche Feuchtigkeit	520	518	518	510	518	520	520	540	540	542
Hülsensubstanz	680	679	678	677	679	678	678	680	682	680
Kleber (Hordein) . . .	286	290	288	288	295	285	283	166	146	144
Amylon	2997	2980	2998	2996	2979	2988	2990	3097	3112	3124
Oel	20	25	20	22	20	22	23	15	10	8
Eiweiß	20	28	20	23	28	23	22	10	9	6
Schleimzucker	230	225	232	230	221	230	232	240	248	238
Gummi	220	218	222	226	230	226	226	229	239	249
Saure phosphorsaure Salze	19	30	18	22	34	22	19	15	6	5
Verlust	8	7	6	6	6	6	7	8	8	4
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Digitized by Google

Verſuche mit dem Hafer. Der Anbau des hier angewendeten gemeinen Hafers (Avena sativa) geſchah mit denſelben Düngerarten, welche bei den früher ernteten Getreidearten verwendet wurden, und in gleich großen Gewichtsmaſſen. Zum Ausſäen wurden für jede Fläche von einer Quadratruthe 20 Loth Haferkörner verwendet.

	Düngerarten									
	Rindsblut.	Menſchenkoth.	Schafmiſt.	Ziegenmiſt.	Menſchenharn.	Pferdemiſt.	Taubenmiſt.	Kuhmiſt.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
	Körnerertrag									
	dreizehntelhalbfacher.	dreizehntelhalbfacher.	vierzehnfacher.	funfzehnfacher.	dreizehnfacher.	vierzehnfacher.	zwölffacher.	ſechszehnfacher.	dreizehnfacher.	fünffacher.
	Chemiſche Zuſammenſetzung in 5000 Theilen									
Natürliche Feuchtigkeit	600	605	630	646	650	655	615	585	541	540
Hülſenſubſtanz	965	962	864	852	850	800	916	755	650	651
Kleber (Avenin) . . .	250	230	200	215	220	200	160	155	100	97
Amylon	2655	2665	2700	2660	2658	2726	2659	2740	2996	2999
Oel	15	18	15	18	22	18	15	14	13	14
Eiweiß.	20	22	24	22	25	24	18	16	12	11
Schleimzucker	190	192	260	270	250	260	250	340	319	320
Gummi	275	270	275	285	284	280	342	367	349	350
Saure phosphorſaure Salze.	20	25	23	22	30	28	15	18	10	8
Verluſt	10	11	9	10	11	9	10	10	10	10
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Digitized by Google

Versuche von Kuhlmann über die Wirkung verschiedener Düngerarten.

1) Erste Reihe.

§. 224. Die angewendeten Düngerarten wurden in Wasser aufgelöst oder aufgerührt, so daß von jeder ein Volumen von 975 Litres oder 325 Hectolitres auf das Hectare kam. Das Ausgießen auf das zur Production von Heu bestimmte Land fand am 28. März 1843 Statt zu einer sehr trockenen Zeit; am 30. März fiel ein ziemlich starker Regen, und die Witterung blieb bis zum 5. April regnigt, so daß die Düngerarten sehr gleichmäßig sich vertheilt haben müssen. Das Jahr war ziemlich feucht; die Ernte fand am 30. Juni Statt, das Ganze wurde an einem Tage gemäht, und die Witterung war für das Trocknen günstig.

Nro.	Beschaffenheit d. angewandten Düngers.	Menge auf 1 Hectare	Menge des geernteten Heues ohne Addition der Düngung auf 1 Hect.	Menge des dem angewandten Dünger entsprechenden Heues
		Kil.		
1.	Chlorwasserstoffsaures Ammoniak	266	4000	1716
2.	Schwefelsaures Ammoniak .	266	—	1233
3.	Salpetersaures Natron . .	133	—	800
4.	» »	266	—	1723
5.	Ammoniakalisches Wasser (a) der Gasfabriken . . .	Litr. 5400	—	2300
6.	Gelatinöse Lösung aus den Fabriken des Beinschwarz (b)	21666	—	2493
7.	Pferdeharn	21666	—	2240
8.	Flamändischer Dünger (c) .	21666	—	3433

a) Das ammoniakalische Wasser der Gasfabrik von Lille, welches zu diesem Versuche gedient hat, zeigte am Aräometer 4 Grade; das Ammoniak wurde vorher in chlorwasserstoffsaures verwandelt durch Vermengung der ammoniakalischen Flüssigkeit mit ihrem doppelten Volumen an saurem

Waſſer, erhalten beim Ausziehen der Knochen bei der Fabrikation des Leimes. Der in dieſer Flüſſigkeit aufgelöſte phosphorſaure Kalk ſcheint wenig Einfluß auf die Vegetation zu haben, denn ein unter denſelben Verhältniſſen angeſtellter Verſuch, bei welchem dieſelbe Quantität ſaure Auflöſung des phosphorſauern Kalks mit einem geringen Ueberſchuß von Kalk verſetzt wurde, aber ohne Zuſatz von Ammoniak, hat kein beſonderes Reſultat geliefert. Wenigſtens ſcheint die Einwirkung des phosphorſauren Kalks nur ſehr langſam von Statten zu gehen.

b) Die durch Kochen mit Waſſer erhaltene Flüſſigkeit, welchem ich die Knochen der Küche unterwerfe, um das Fett auszuziehen. Das gelatinöſe Waſſer, welches nach der Abſcheidung der Knochenſeife zurückbleibt, enthält $2^1/_2$ Proc. unreiner und ein wenig veränderter Gelatine.

c) Der flamändiſche Dünger beſtand aus Urin und reinem Menſchenkoth. Er war weniger wäſſerig, als der gewöhnlich dem Landmann gelieferte. (Wenige Tage, nachdem die Düngerarten ausgeſtreuet worden waren, konnte man ſchon ihren Einfluß auf die Vegetation bemerken; die mit Dünger verſehenen Strecken zeigten ein weit tieferes Grün. Die Folgen waren beſonders bemerkbar für die Nr. 5, 6 und 8. Bei den Nr. 1, 2, 3 und 4 kam das Ganze zur vollkommenen Reife; bei den folgenden Nummern und beſonders bei 6 und 8 war das Gras weniger reif, aber es mußte doch gemäht werden, weil es anfing, am Grunde dünn zu werden und ſich bald verändert haben würde.)

Digitized by Google

2) Zweite Reihe.

Nro.	Beschaffenheit des angewendeten Düngers.	Menge auf 1 Hectare	Erhaltene Ernte			Vom Dünger bewirkter Ueberschuß			Stickstoff im Dünger.
			an Heu	an Grummet	im Ganzen	an Heu	an Grummet	im Ganzen	
		K.	K.	K.	K.	K.	K.	K.	K.
1.	Kein Dünger	—	2427	1393	3820	—	—	—	—
2.	Chlorcalcium	250	2417	1413	3830	—	—	—	—
3.	Knochenasche	800	2353	1300	3653	—	—	—	—
4.	Rübsamenöl	600	2393	1000	3393	—	—	—	—
5.	»	300	2687	1356	4043	—	—	—	—
6.	Stärkemehl	800	2267	1586	3853	—	—	—	—
7.	Glucose (abgesetzter Syrup) . . .	800	2333	1114	3447	—	—	—	—
8.	Krystallisirtes phosphorsaures Natron	300	2693	1633	4326	266	240	506	—
9.	Leinölkuchen	800	2647	1773	4420	220	380	600	41,60
10.	Schwefelsaures Ammoniak	250	3947	1617	5564	1520	224	1744	50,75
11.	Trockener salpetersaurer Kalk . . .	250	3367	2030	5397	940	637	1577	42,50
12.	Peruanischer Guano	300	3437	1966	5403	1010	573	1583	14,94
13.	Salpetersaures Natron	250	3867	1823	5690	1440	430	1870	39,35
14.	Peruanischer Guano	600	4090	2270	6360	1663	877	2540	29,88
15.	Knochengallerte	500	4180	2203	6383	1753	810	2563	82,55
16.	Ammoniakal. Wasser aus der Gasfabrik, 16,666 Litres zu 3 Grad, gesättigt durch den sauren Auszug der Knochen und an Ammoniaksalz enthaltend	333	6533	3373	9906	4106	1980	6986	88,09

Digitized by Google

Wir besitzen eine sehr ausführliche unten mitzutheilende Tabelle über den Stickstoffgehalt verschiedener Düngematerialien und daraus abzuleitende Aequivalentenzahlen von Payen und Bouſſingault. Leider ist dabei auf den Phosphorsäuregehalt gar keine Rücksicht genommen. Eine der wichtigsten noch zu lösenden Aufgaben wird also die Bestimmung der Phosphorsäurengehalte sämmtlicher Düngematerialien sein.

§. 225. 2) Die Alkalien. Die Alkalien gehören zwar zu den sehr allgemein in der Natur verbreiteten Stoffen. Gleichwohl giebt es Bodenarten, welche nur äußerst geringe Mengen derselben enthalten, wo also die Erhaltung und Vermehrung der Alkalien schon an sich eine wichtige Aufgabe für den Landmann wird. Dazu kommt aber noch, daß die Alkalien mit allen gewöhnlich vorkommenden Säuren leicht auflösliche Salze bilden und daß daher die Alkalien mehr wie jede andere Substanz durch Auslaugen weggeführt werden, so daß die gesammelten Abfälle immer nur einem Theil der in der Ernte enthaltenen Alkalien entsprechen. Schon die Vegetation in der unmittelbaren Umgebung unserer landwirthschaftlichen Gebäude, die größtentheils aus Pflanzen besteht, deren Asche außerordentlich reich an Alkalien ist, zeigt, welche außerordentliche Mengen von Alkalien in der Nähe unserer Wohnungen verloren gehen. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, daß nächst der Phosphorsäure die Alkalien vorzugsweise die Aufmerksamkeit des Landwirths in Anspruch nehmen müssen. Auch in dieser Beziehung reichen wir mit dem bloßen Sammeln dessen, was übrig bleibt, nachdem die Materialien der Ernte durch unsern Haushalt gegangen sind, nicht aus, und wir müssen unsern Culturfeldern noch anderweitig woher gewonenne Alkalien mindestens von bewässerten Wiesen zuführen, wenn wir sie ertragsfähig erhalten wollen.

In neuerer Zeit ist in dieser Beziehung besonders der Chilisalpeter, ein natürlich vorkommendes salpetersaures Natron, wichtig geworden. Die vortheilhafte Wirkung desselben in gewissen Fällen leidet nach den Versuchen von Gourcy, Barclay und Kuhlmann keinen Zweifel mehr. Daß hier nicht der Stickstoffgehalt der Salpetersäure, sondern das Alkali das eigentlich wirksame Princip ist, geht schon einfach daraus hervor, daß der Mehrertrag an Heu und Stroh, nach den Versuchen von Gray und Hyett, bei der Düngung mit salpetersaurem Natron doppelt so viel Stickstoff erhält, als das angewendete Düngesalz.

§. 226. 3) Kalk. Der Kalk ist so ziemlich allgemein verbreitet. Seine Salze, besonders die häufiger vorkommenden, welche er mit Kohlensäure oder Schwefelsäure bildet, sind schwer auflöslich, weshalb beim Einsammeln der Abfälle sich der Kalkgehalt ziemlich vollständig im Dünger wieder vorfindet. Aber theils sind auch hier einige Verluste unvermeidlich, theils giebt es Bodenarten, welche entweder gar keinen Kalk, oder doch für ge-

Digitized by Google

wisse Culturen nicht genügende Mengen enthalten. Die Hülfsmittel, zu welchen man hier hat seine Zuflucht nehmen müssen, sind außer der schon erwähnten Knochendüngung hauptsächlich das Mergeln und Gypsen, dem letzteren reiht sich dann noch die Benutzung des Dornsteins der Salinen, welcher vorzugsweise aus Gyps besteht, an.

Beim Mergel, welcher sich hauptsächlich auf kalkfreiem Sandboden als vortheilhaft bewährt, kann die günstige Wirkung auf die Ernährung der Pflanzen selbstverständlich nur dem Kalke zugeschrieben werden, da viele Mergelarten gar keinen anderen wesentlichen Nahrungsstoff der Pflanzen in beträchtlicher Menge enthalten. Bei dem Gyps dagegen hat man die vortheilhafte Wirkung auch aus dem Gehalt an Schwefelsäure oder vielmehr des Schwefels derselben zu erklären versucht. Noch eine andere Erklärung hat Liebig gegeben, indem er den Werth der Gypsdüngung in der angenommenen Bildung von nicht flüchtigen schwefelsauern Ammoniak sucht. Bouſſingault hat beide Erklärungsweisen vollständig widerlegt. Nur beiläufig will ich hier erwähnen, daß in Folge einer Preisaufgabe über die Frage: Ob die Gypsdüngung durch Schwefelsäure zu ersetzen sei, ein berühmter landwirthschaftlicher Schriftsteller ganz naiv erzählt, er habe zum Behuf der anzustellenden Versuche die Schwefelsäure vorher, um sie zu fixiren (sic!), auf Braunkohlenasche gespritzt, d. h. also in Gyps verwandelt. Solcher Unsinn bei landwirthschaftlichen Versuchen ist die nothwendige Folge chemischer Unwissenheit.

4) Eisen, Talkerde, Schwefelsäure, Salzsäure. Wir §. 227.
stellen diese Stoffe hier auf eine Stufe, nicht weil sie gleiche Bedeutung haben hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für die Ernährung der Thiere oder für die Zuführung auf unseren Culturboden, sondern weil sie in verhältnißmäßig geringen Mengen vorkommen. Schwefelsäure und Salzsäure, meistentheils mit Alkalien zu auflöslichen Salzen verbunden, werden wie die Alkalien selbst beim Durchgang durch den menschlichen Haushalt zum Theil verloren gehen und bedürfen daher immer eines Ersatzes von Außen her. Selten wird es nöthig sein, in größeren Mengen sie einem Boden zuzufügen, weil es demselben ganz daran mangelt. Eisen und Talkerde sind, letztere wenigstens als beständige Begleiterin des Kalkes, so allgemein verbreitet, daß die geringen Mengen, welche davon für den Pflanzenwachsthum verbraucht werden, sich wohl überall vorfinden, insbesondere muß durch die eigenthümlichen Gewerbsverhältnisse in unserer Zeit, bei der ausgedehnten Anwendung des Eisens, die Menge desselben beim Sammeln der Abfälle sich eher vermehren als vermindern. Wenn auch in geringen Mengen vorkommend, scheint gleichwohl die Talkerde (vielleicht durch ihr Verhältniß zur Phosphorsäure) eine wichtige Rolle in unserm Boden zu spielen; höchst auffallend ist es wenigstens, daß in fast allen Pflanzenaschen

Digitized by Google

die Talkerde in einem größern Verhältniß zur Kalkerde sich findet, als in dem Boden der Fall ist.

§. 228. 5) Kieselerde. Die wenigste Berücksichtigung von Seiten des Landmanns scheint die überall im Ueberfluß vorhandene Kieselerde zu verdienen. In ihren gewöhnlichsten Zuständen ganz unauflöslich könnte höchstens die Aufgabe sein, sie auflöslich zu machen. Es scheint aber erfahrungsmäßig nicht nöthig, hierfür besondere Anstrengungen zu machen. Dagegen müssen wir eine andere Bemerkung hier anreihen.

Betrachten wir die Aschenmengen, welche wir in der Ernte dem Boden entziehen und mit dem Dünger demselben wiedergeben, so finden wir einen sehr bedeutenden Ueberschuß im Dünger. Man könnte leicht verführt werden, so zu schließen: »durch den Ueberschuß wird der Reichthum des Bodens an unorganischen Bestandtheilen alljährlich vermehrt. Liegt nun wirklich der Werth des Düngers in den unorganischen Bestandtheilen, so muß im Verlauf der Zeit der Boden so reich werden, daß er wenigstens für viele Jahre der Düngung ganz und gar entbehren kann, ohne deshalb weniger zu produciren. Da dieses nun erfahrungsmäßig nicht der Fall ist, so kann auch der Hauptwerth des Düngers nicht in den unorganischen Bestandtheilen liegen.« Dies wäre aber ein aus bloßer Oberflächlichkeit hervorgegangener Fehlschluß. Um dies Verhältniß klar zu machen, müssen wir wieder auf die Bousſingault'schen Versuche zurückgehen, leider! die Einzigen, welche Vertrauen verdienen, und brauchbar sind, weil sie nicht auf ungefähren Abschätzungen und in den Tag Hineinrathen, sondern auf wirklichen Wägungen und Analysen, und zwar im Großen, beruhen. Nach Bousſingault kommt auf den Morgen an Aschensubstanzen

	in 21 Jahren	in 1 Jahr
a. in der Ernte	2797,252 Pfd.	133,202 Pfd.
b. im Dünger	7927,704 Pfd.	377,509 Pfd.

Es verhält sich also a : b = 1 : 2,83, also fast genau umgekehrt wie die organischen Bestandtheile des Düngers und der Ernte. Sehen wir aber genauer auf die einzelnen Bestandtheile der Asche, so zeigt sich, daß die Gesammternte eines fünfjährigen Umlaufs 131,5 Pfd. Alkalien und 182,0 Pfd. Kieselerde enthält, d. h. die Alkalien verhalten sich zur Kieselerde in der Ernte wie 2 : 3, der Dünger für denselben Umlauf enthält aber 136,25 Pfd. Alkalien und 1193,5 Pfd. Kieselerde, d. h. Alkalien zu Kieselerde im Dünger wie 2 : 17. Da Bousſingault außer dem Stallmist aber noch Torfasche anwendet, die oben mit veranschlagt wurde, so kommen hierzu noch 198,0 Pfd. Alkalien und 2992,0 Pfd. Kieselerde, so daß sich das Verhältniß der Alkalien zur Kieselerde im Dünger wie 2 : 30 stellt. Mit anderen Worten, bei der gewöhnlichen Düngung

Digitized by Google

trifft der Ueberschuß der Aschenbestandtheile des Düngers über die der Ernte fast gar nicht die Alkalien (und Aehnliches gilt für die anderen wesentlichen Bestandtheile), sondern ganz allein die Kieselerde, also einen verhältnißmäßig ganz unnützen Bestandtheil.

Um uns dies seltsame Verhältniß deutlich zu machen, müssen wir die verschiedene Verwerthung der einzelnen in der Ernte gewonnenen Pflanzentheile und ihren sehr verschiedenen Aschengehalt ins Auge fassen. 1000 Theile Waizenkörner enthalten 8550 Theile trockener Substanz und darin 205,2 Asche, welche 60,5 Alkalien und 2,6 Kieselerde entsprechen. 20000 Theile Stroh gleich 14800 Theilen trockener Substanz enthalten 1036,0 Asche und darin 98,4 Alkalien und 700,3 Kieselerde. 30000 Theile der Gesammternte enthalten also 158,9 Alkalien und 702,9 Kieselerde Die Alkalien verhalten sich zur Kieselerde also in der Ernte wie 1 : 4,4. Werden nun 5000 Theile Waizenkörner ausgeführt, so ist dadurch das Verhältniß in den auf dem Gute zurückbleibenden Materialien schon so verändert, daß sich die Alkalien zur Kieselerde wie 1 : 5,4 verhalten. Aehnliche Resultate erhalten wir, wenn wir Heu und Kartoffeln oder Runkeln berechnen und dann die Mengen von Kartoffeln, welche zum Branntweinbrennen, die Runkeln, welche zur Zuckerfabrikation benutzt werden, abziehen. Die gewöhnliche Verwerthung der landwirthschaftlichen Producte hat also nothwendig schon eine relative Vermehrung der Kieselsäure und eine absolute Verminderung der wichtigeren Aschenbestandtheile zur Folge, welche letztere aber, durch die unvermeidlichen Verluste auflöslicher Salze bei der Sammlung im Großen, außerordentlich gesteigert wird.

b. Organische Stoffe.

§. 229. Die Unzulänglichkeit der organischen Stoffe für die Ernährung der Pflanzen ist zur Genüge an den verschiedensten Stellen dieses Werkes nachgewiesen. Zwei Elemente kommen überhaupt hier nur in Betracht, nämlich der Kohlenstoff und der Stickstoff. Den Kohlenstoff betreffend, wissen wir mit Sicherheit, daß die Pflanzen von Kohlensäure leben können und daß sie die Kohlensäure wirklich aufnehmen; wir finden Kohlensäure in den noch nicht vollständig assimilirten Säften der Pflanze. Wir haben aber durchaus keinen thatsächlichen Beweis dafür, daß die Pflanzen humussaure Salze als solche aufnehmen. Eine gesunde und richtige Methode in der Naturforschung zwingt uns also, vorläufig anzunehmen, daß die Pflanzen den Kohlenstoff in Form von Kohlensäure assimiliren. Daß dazu diejenige Kohlensäure, welche aus der Verwesung der kohlenstoffhaltigen Bestandtheile des Düngers entsteht, auch mit verwendet werden kann, versteht sich von selbst, kommt aber nicht in Betracht. Je-

Digitized by Google

denfalls gehört die Kohlensäure als Gas der Atmosphäre an und Atmosphäre bleibt Atmosphäre, mag sie über der Erde schweben, von Wasser absorbirt sein oder die kleinen Zwischenräume des lockeren Culturbodens erfüllen. Der reiche Ertrag der ungedüngten Rieselwiese, die üppigen Maisculturen auf humusleerem Boden in Mexico und Peru zeigen jedenfalls, daß der Culturboden nicht eines wirklichen zugeführten Gehaltes von Kohlensäure, sondern nur der physikalischen Eigenschaften bedarf, durch welche er den Pflanzen die Kohlensäure der Atmosphäre zugänglich machen kann.

§. 230. Den Stickstoff betreffend, ist bekanntlich die Aufnahme desselben in Form von Ammoniak allgemein angenommen. Jedenfalls wirkt also die stickstoffhaltige Substanz des Düngers nur, insofern sie in Ammoniak umgewandelt wird. Es besteht aber ein sehr allgemeines Vorurtheil, daß für die Ernährung der Pflanzen die stickstoffhaltige Substanz des Düngers quantitativ von großer Bedeutung sei, ja meistentheils wird dieselbe noch als die einzige Quelle des Stickstoffgehalts der Culturpflanzen angesehen. Wir nennen dies unbedenklich ein Vorurtheil, weil zur Zeit auch noch nicht eine einzige entscheidende Thatsache dafür spricht und die große Menge der jährlich von einer ungedüngten Rieselwiese gewonnenen stickstoffhaltigen Substanz direct das Gegentheil beweist. Freilich haben wir auch auf der andern Seite keine genügenden Beweise dafür, daß die stickstoffhaltige Substanz des Düngers gänzlich bedeutungslos wäre, wir müssen diese Frage daher, als eine fernerhin genauer zu untersuchende, vorläufig dahin gestellt sein lassen. Auf einige Punkte können wir indeß schon hier aufmerksam machen.

Schon nach den oben angeführten Tabellen steigt mit dem Stickstoffgehalt auch der Gehalt an Alkalien oder phosphorsauren Salzen bei den verschiedenen Düngematerialien, und diese wichtigen Substanzen möchten besser geeignet sein, den Mehrertrag bei den angeführten Düngungsversuchen zu erklären als der Stickstoffgehalt derselben. Scheinbar ganz rein wird aber die Frage entschieden durch die in neuerer Zeit vielfach angestellten Versuche.

Die Versuche, direct mit Ammoniaksalzen zu düngen, haben mit Recht viel Aufmerksamkeit erregt. Die Erfolge liegen nach den oben, Seite 409 u. 411, mitgeheilten Versuchen sehr klar und unzweideutig vor. Schwefelsaures Ammoniak vermehrte den Ertrag der Wiesen um 30,8%, salzsaures Ammoniak um 42,9%. Ammoniakalisches Wasser aus den Gasfabriken sogar um 127,2%, wobei überall gleiche Mengen von Ammoniaksalzen angewendet waren. Das scheint sehr dafür zu sprechen, daß hier die unmittelbare Zuführung von Stickstoff in Form von Ammoniak die Fruchtbarkeit der Wiese erhöht.

Digitized by Google

Indessen ist Folgendes auffallend genug, um Zweifel zu erregen. Es enthält die angewendete Menge

von schwefelsaurem Ammoniak 53,99 Kilogr. Stickstoff.
» salzsaurem Ammoniak 140,52 » »
» ammoniakalischem Wasser 70,36 » »

Es steht also der Mehrertrag des Stickstoffgehalts der Erndte in gar keinem Verhältniß zum Stickstoffgehalt des Düngers. Ferner gab eine gleiche Menge salpetersauren Natrons genau denselben Mehrertrag als salzsaures Ammoniak. Wollte man hier die Wirkung auch dem Stickstoffgehalt zuschreiben, so würde man schon zu der sehr unwahrscheinlichen Hülfsannahme geführt, daß es gleichgültig sei, ob den Pflanzen der Stickstoff in Form von Ammoniak oder von Salpetersäure geboten werde. Dazu kommt, daß die angewendete Menge von Natronsalpeter nur 88,16 Kilogr. Stickstoff enthält, also wenig mehr als halb so viel als das salzsaure Ammoniak und dennoch gleiche Wirkung. Dagegen zeigte der Pferdeharn eine etwas geringere Wirkung als das ammoniakalische Wasser, obwohl die angewendete Menge mehr als 565,5 Kilogr. Stickstoff enthielt. Kurz man kommt auf die unlösbarsten Widersprüche, wenn man hier auf den Stickstoffgehalt des Düngers als Pflanzennahrung Rücksicht nehmen will.

Vielleicht nähern wir uns mehr der Erklärung, wenn wir noch Folgendes beobachten. Peruanischer Guano mit einem Stickstoffgehalt von 29,88 Kilogr. hatte eine fast genau gleiche Wirkung wie Knochengallerte mit einem Stickstoffgehalt von 82,55 Kilogr. und eine um $\frac{1}{3}$ größere Wirkung als das schwefelsaure Ammoniak mit 50,75 Kilogr. Stickstoffgehalt. Den größten Ertrag gaben überhaupt Guano, Knochengallerte, die ammoniakalischen Wasser, Pferdeharn und Flamändischer Dünger, d. h. Substanzen, die reich sind an Phosphorsäure. Absolut den größten Ertrag gab das letztgenannte Düngemittel, welches auch reich ist an Alkalien, und daß diese ebenfalls in Betracht kommen, läßt sich aus der günstigen Wirkung des Chilisalpeters schließen.

Sehen wir nun aus denselben Versuchen, daß die an phosphorsaurem Kalk reiche Knochenasche für sich gar keine Wirkung hervorbringt, während dieselbe in Verbindung mit dem ammoniakalischen Wasser so auffallend wirkt, so liegt es wenigstens sehr nahe, die günstige Wirkung der Ammoniaksalze ihrer auflösenden Kraft für andere Stoffe und namentlich für die so wichtigen phosphorsauren Salze zuzuschreiben.

Eine andere Erklärungsweise giebt noch Kuhlmann selbst an, die neben der vorigen sehr gut bestehen kann. Er weist darauf hin, wie es durchaus nothwendig sei, daß der Boden beständig in basischem oder alkalischem Zustand erhalten bleibe, weil dadurch allein die Zersetzungen möglich ge-

Digitized by Google

macht, oder doch begünstigt werden, aus denen das den Pflanzen nöthige kohlensaure Kali und Natron hervorgeht.

Höchst auffallend bleibt noch immer, daß nach den Versuchen von Schattenmann die Ammoniaksalze auf Klee und Luzerne durchaus gar keinen Einfluß ausüben, also gerade auf die Pflanzen, bei denen sich das Gypsen so vortheilhaft zeigt; offenbar ein Grund mehr, um die Liebig'sche Theorie der Gypsdüngung für unrichtig zu erklären.

§. 231. Alles hier Gesagte können wir in folgende Uebersicht zusammenfassen. Wenn wir als Dünger nur dasjenige anwenden, was von der Ernte unseres Culturbodens, im engeren Sinne des Worts, nach der Benutzung im Haushalt als Abfall zurückbleibt, so werden wir auch beim sorgfältigsten Sammeln damit dem Nahrungsproceß der Culturpflanzen nicht entsprechen, insbesondere werden wir in einer raschen Progression die phosphorsauren Salze und Alkalien sich vermindern sehen; in noch höheren Graden würde dies der Fall sein, wenn wir von den Producten des Culturlandes einen Theil gar nicht im Haushalt verwenden, sondern ausführen, und dieser Verlust wird besonders bei der Ausfuhr von Getreide eben vorzugsweise die Phosphorsäure und die Alkalien betreffen. Der Culturboden kann daher in seiner Fruchtbarkeit nicht bestehen, wenn wir ihm nicht anderweitig her Mineralsubstanzen als Dünger zuführen. Der Liebig'sche Patentdünger ist keineswegs etwas Neues, sondern seit langen Zeiten nur in versteckter Form in jeder Landwirthschaft gebräuchlich. Es steht fest, daß eine Landwirthschaft nicht bestehen kann, wenn sie nicht entweder Dünger einführt oder ein bestimmtes Areal als Wiese benutzt. Es steht fest, daß eine ungedüngte Wiese nicht bestehen kann, wenn sie nicht künstlich oder natürlich bewässert wird, d. h. wenn ihr nicht durch das Wasser die nöthigen Mineralbestandtheile von außen her zugeführt werden, und diese Mineralbestandtheile, die wir im Heu und nachher in dem aus dem Heu entstandenen Miste sammeln, sind es, welche für den unvermeidlichen Verlust an unorganischer Pflanzennahrung Ersatz geben. Es unterliegt aber auch keinem Zweifel, daß wenn wir die organische im Heu enthaltene Thiernahrung entbehren oder anderweitig durch den Anbau von Futterkräutern und Wurzelgewächsen ersetzen können, wir die uns jetzt mittelbar durch die Wiesen gelieferten unorganischen Substanzen mit demselben Erfolg unmittelbar als Mineralbestandtheile unsern Aeckern einverleiben können. Knochenerde, Chilisalpeter, Guano können uns, vorausgesetzt, daß es pecuniär vortheilhaft ist, vollkommen den Wiesenbau ersetzen. Endlich ist hier noch hinzuzufügen, daß wir durch den Dünger dem Boden das ersetzen sollen, was er durch die Ernte verloren und woran er folglich Mangel leidet. Ist das letzte in Bezug auf eine oder mehrere Substanzen nicht der Fall, so verliert in dieser Beziehung der

Digitized by Google

Dünger seine Bedeutung. Der Werth, den wir den einzelnen Bestandtheilen beigelegt haben, gilt daher nur im Allgemeinen und insbesondere für armen (Sand-) Boden. Auf reichem Boden kann sich das Verhältniß ändern und eine Substanz, die im Allgemeinen Nebensache ist, zur Hauptsache werden. Auf dem reichen Boden Virginiens hat man Jahrhunderte lang den an Alkalien reichen Taback gebaut, ohne daß der Reichthum des Bodens erschöpft und ein Ersatz nöthig gewesen wäre. Der allgemeine Werth des Düngers erleidet daher seine wesentlichen Modificationen immer erst im Verhältniß zu einem ganz bestimmten Boden, ganz bestimmten Culturpflanzen und ihren Bedürfnissen.

B. Der Dünger in seinem Verhältniß zu den physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Unter den physikalischen Eigenschaften des Bodens ist unzweifelhaft die §. 232.
wichtigste seine Absorptionsfähigkeit für Wasserdunst und Gasarten. Diese Eigenschaft gilt für alle Pflanzen in gleichem Maaße; demnächst im zweiten Range kommt seine Erwärmungsfähigkeit und sein innerer Zusammenhang, welche für die verschiedenen Pflanzen von sehr verschiedenem Werth sind, so daß bald seine Erwärmungsfähigkeit, bald seine Lockerheit und Bündigkeit größere Berücksichtigung verdienen. Wir werden daher den Dünger von diesen zwei Gesichtspunkten betrachten müssen.

a. Die absorbirenden Eigenschaften des Bodens.

Aus dem Früheren haben wir gesehen, daß die Fähigkeit, Wasserdünste und Gasarten aus der Atmosphäre zu absorbiren, fast ausschließlich durch seinen Gehalt von Thon oder Humus bedingt wird. In geringerem Maaße wird hier schon ein sandiger Boden durch das Auffahren der nie ganz thonfreien Kalkmergel verbessert. Wirkliche Thonerden werden aber auf Sandboden ihren eigenthümlichen Werth erhalten. Allerdings wird es selten pecuniär vortheilhaft sein, auf lockeren Sandboden den Thon in solcher Menge aufzufahren, daß dadurch die Bodenconstitution bleibend verändert wird. Die Mengen, welche man bei dem gewöhnlichen Mergeln auffährt, sind allerdings zu unbedeutend, um für längere Zeit ihre Wirksamkeit zu äußern, da sie vom Regen sehr bald in die Tiefe gespült werden. Meistentheils werden wir also hier auf die Erhaltung und Vermehrung des Humusgehalts im Boden angewiesen sein. Dieses ist die eigentliche Wirkungssphäre der organischen Substanz des Düngers. Aber auch in diesem Falle zeigt uns die einfachste landwirthschaftliche Erfahrung, daß wir mit der organischen Substanz nicht ausreichen. Ein Landgut, auf welchem man fortwährend Getreide und Hackfrüchte bauen wollte, würde

Digitized by Google

sicher in kurzer Zeit zu Grunde gerichtet sein, es müßte denn das eigentliche Culturland im Verhältniß zu den Wiesen verschwindend klein sein. Nur die Natur selbst ist im Stande, hier die nöthige Menge von Humus zu schaffen, und unvermeidlich ist neben der Düngung die grüne Brache oder der Kleebau.

b. Die übrigen physikalischen Eigenschaften des Bodens.

§. 233. Die früher mitgetheilten Beobachtungen haben gezeigt, daß sich auch in Beziehung auf die Erwärmungsfähigkeit, sowie auf die Bündigkeit des Bodens, alles um das Verhältniß des Humus und der Thonerde zu den übrigen Bestandtheilen dreht, ganz besonders wird der Humusgehalt, durch die dunkle Farbe, welche er dem Boden mittheilt, für die Erwärmung desselben wichtig. Schon früher ist die eigenthümliche Wirkung des Humus erörtert, den Sandboden bündiger, den Thonboden lockerer zu machen. Auch hierbei kann Thon auf Sandboden und Sand auf Thonboden den Humus ersetzen, sobald es ökonomisch vortheilhaft wäre, Thon oder Sand in genügender Menge auf die zu verbessernden Felder aufzufahren. Da hier, wie in den meisten Fällen, alle Versuche fehlen, welche es möglich machten, die Verschiedenheiten auf bestimmte Verhältnißzahlen zurückzuführen, so brauchen wir hier weiter nichts hinzuzufügen, da es doch nur Wiederholung des früher Vorgetragenen sein könnte.

II. Von den einzelnen Düngesubstanzen insbesondere.

§. 234. Nachdem wir den Dünger im Allgemeinen besprochen, bleibt uns nur noch übrig, die einzelnen Düngematerialien selbst übersichtlich zusammenzustellen und den Einzelnen die Grenze ihrer Wirksamkeit zuzumessen. Noch einmal wollen wir hier hervorheben, daß die noch so häufig, bei der Betrachtung des Düngers gebrauchten Ausdrücke »Reizmittel für die Pflanzen, Anregungsmittel für die Vegetation« u. s. w., sowie die damit zusammenhängenden Redensarten: »der Dünger ist zu hitzig« u. dergl., völlig bedeutungslose Worte sind. Jede Substanz, die wir auf den Boden bringen, ist entweder ein materielles Nahrungsmittel für die Pflanze oder wirkt verändernd auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, von denen das Gedeihen der Pflanze abhängt, mindestens insofern, daß es die im Boden schon vorhandenen Nahrungsstoffe den Pflanzen zugänglich macht. Es ist möglich und bei der Unzulänglichkeit der bisherigen landwirthschaftlichen Versuche sogar wahrscheinlich, daß wir oft die Wirkungsweise der einzelnen Substanzen gar nicht, nicht vollständig oder nicht richtig erklärend beurtheilen können. Daraus ergeben sich dann Aufgaben für

Digitized by Google

zukünftige Forschungen und Versuche um unserer gegenwärtigen Unkenntniß abzuhelfen, aber hier wie in allen Zweigen des menschlichen Wissens ist es von den verderblichsten Folgen, sich seine Unwissenheit durch vielleicht schönklingende aber nichtssagende Worte zu verschleiern. Der alte, ewig wahre Spruch gilt auch hier: »Zu wissen, daß man nichts weiß, ist der erste Schritt zur Weisheit.«

1. Düngesubstanzen mit Gehalt an organischen Stoffen.

Bei allen diesen Substanzen kommt die organische Substanz unserer §. 235.
Ueberzeugung nach nur insofern in Frage, als sie die physikalischen Eigenschaften des Bodens verändert. Da aber nach der herrschenden und wie wir zugestehen wollen zur Zeit, wenn auch nicht begründeten doch auch nicht vollständig widerlegten Ansicht, der Stickstoffgehalt des Düngers hier von Bedeutung erscheint, so theilen wir die folgende Tabelle über den Stickstoffgehalt fast sämmtlicher, möglicherweise als Dünger vorkommenden Substanzen mit.

Tabelle über den gegenseitigen Werth der Dünger nach den Analysen von Payen und Bouffingault.

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Thln. des Stoffes.		Aequivalent für 100 Thle. Stallmist.		Werth bei gleichem Gewicht, im Verhältniß zum Stallmist.		Bemerkungen.
		trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	
Stallmist	79,3	1,95	0,41	100	100	100	100	Durchschnitt v. Bechelbronn.
Mist a. einer Gastwirthsch.	60,6	2,08	0,79	107	197	94	51	Aus dem südl. Frankreich.
Mistjauche	99,6	1,54	0,06	78	2	127	6	Vom Waschen durch d. Regen.
Waizenstroh	19,3	0,30	0,24	15	60	650	167	Frisch v. Elsaß, 1838.
Desgleichen	5,3	0,53	0,49	27	122,5	367	82	Alles aus d. Umgeg. v. Paris.
Desgleichen	5,3	0,43	0,41	22	102,5	453	98	Desgl., der untere Theil.
Desgleichen	9,4	1,42	1,33	73	332,5	237	30	Desgl., d. Theile nächst d. Aehren und d. Aehren.

Digitized by Google

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Thln des Stoffes.		Aequivalent für 100 Thle Stallmist.		Werthe beigleichem Gewicht, im Verhältniß zum Stallmist.		Bemerkungen.
		trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	
Roggenstroh	12,2	0,20	0,17	10	42,5	975	235	Aus d. Elsaß.
Desgleichen	12,6	0,50	0,42	26	105	390	95	Umgegend von Paris, 1841.
Haferstroh	21,0	0,36	0,28	18	70	542	143	
Gerstenstroh	11,0	0,26	0,23	13	57,5	750	174	
Waizenspreu	7,6	0,94	0,85	48	212,5	207	47	
Erbsenstroh	8,5	1,95	1,79	100	447,5	100	22	Aus d. Elsaß.
Hirsenstroh	19,0	0,96	0,78	49	195	203	51	
Buchweizenstroh . . .	11,6	0,54	0,48	27	120	361	83	
Linsenstroh	9,2	1,12	1,01	57	250	174	40	
Trockene Stengel vom Tovinambur	12,9	0,43	0,37	22	92,5	453	108	
Madiablätter . . .	14,3	0,66	0,57	33	142,5	295	70	Nach d. Körnergewinnung.
Desgl. als grüner Dünger	70,6	1,53	0,45	79	113	126	89	Vor derselben.
Trockener Ginster . .	10,4	1,37	1,22	70	305	142	33	Stengel und Blätter.
Runkelrübenblätter. .	88,9	4,50	0,50	230	125	43	80	Von Feldrunkelrüben.
Kartoffelblätter . . .	76,0	2,30	0,55	117	137,5	85	73	Blätter von der Ernte.
Carottenkraut . . .	70,9	2,94	0,85	150	212,5	66	47	
Blätter von Heide . .	7,0	1,90	1,74	97	435	103	23	An der Luft getrocknet.
Blätter vom Birnbaum	14,5	1,59	1,36	81,5	340	127	29	
» von der Eiche .	25,0	1,57	1,18	80	293	125	34	Im Herbst abgefallene Blätter.
» » » Pappel.	51,1	1,17	0,54	66	134	167	74	
» » » Buche	39,3	1,91	1,18	78	294	102	34	
» » » Acazie .	53,6	1,56	0,72	80	180	125	56	
Buchsbaum	59,3	2,89	1,17	147	293	68	34	Zweige u. Blätter.
Kleewurzel, untergegraben	9,7	1,77	1,61	90	402,5	110	25	An der Luft getrocknet.
Fucus digitatus . . .	39,2	1,41	0,86	72	215	139	46	An der Luft getrocknet.
Desgleichen	40,0	1,58	0,95	81	237,5	123	42	
Fucus saccharinus . .	40,0	2,29	1,38	117	345	85	29	

Digitized by Google

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Thln. des Stoffes.		Aequivalent für 100 Thle. Stallmist.		Werth bei gleichem Gewicht, im Verhältniß zum Stallmiß.		Bemerkungen.
		trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	
Fucus saccharinus .	75,5	—	0,54	—	135	—	74	Aus d. Meere.
Seegras, verkohlt . .	3,8	0,40	0,38	20	95	488	105	
Austerschalen	17,9	0,40	0,32	20	80	488	125	
Meermuscheln	—	0,05	0,05	3	13	3750	769	Trocken v. Dünkirchen.
Flußschwamm v. Morlair	3,7	0,42	0,40	21	100	464	100	
Seesand von der Rhede von Rosceff . . .	0,5	0,14	0,13	7	32,5	1393	308	Meeressand.
Seesand (Morlair) . .	1,0	0,32	0,31	26,5	125	377	78	Meeressand.
Kabeljau, gesalzen . .	38,0	10,86	6,70	557	1675	18	6	
» gewaschen und ausgedrückt	10,0	18,74	16,86	961	4215	10	2½	An der Luft getrocknet.
Sägespähne v. Tannenholz	24,0	0,22	0,16	11	40	886	250	Lufttrocken.
Desgleichen	24,0	0,31	0,23	15	57,5	629	174	Lufttrocken.
Desgl. von Eichenholz .	26,0	0,72	0,54	36	135	256	74	
Samen der weiß. Lupine	10,5	4,35	3,49	223	872,5	45	11½	Gekocht u. getr., Toscana.
Malzkehricht	6,0	4,90	4,51	251	1127,5	40	9	
Weintreſter.	48,2	3,31	1,71	169	427,5	57	23	
Samenkuchen von Lein	13,4	6,00	5,20	307	1300	33	8	
» » Raps	10,5	5,50	4,92	282	1230	35	8	
» » Helianthus tuberosus .	6,6	8,89	8,33	455	2082,5	21	4½	
Samenk. v. Madia . .	11,2	5,78	5,06	292	1265	34	8	
» » Leindotter.	6,5	5,93	5,52	304	1378	33	7¼	
» » Hanf. . .	5,0	4,78	4,21	245	1052	41	9½	
» » Mohn . .	6,0	5,70	5,36	292	1340	34	7½	
» » Buchenkernen	6,2	3,53	3,31	181	828	55	12	
» » Wallnuß .	6,0	5,59	5,24	287	1310	35	7½	
» » Baumwollenkörnern .	11,0	4,52	4,02	232	1000	32	10	

Digitized by Google

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Tbl. des Stoffes.		Aequivalent für 100 Tbl. Stallmist		Werth beigleichem Gewicht, im Verhältniß zum Stallmist.		Bemerkungen.
		trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	
Samenk. v. d. Reinigung d. Oeles .	10,0	3,92	3,54	201	885	50	11¼	Frisch Fett, durch Pappelsägesp. gereinigt.
» » dergl . .	7.7	0,58	0,54	39	135	332	75	Fischthr., durch Pappelsägesp. gereinigt.
Aepfelmark	6,4	0,63	0,59	32	147	309	68	Lufttrocken v. d. Ciderbereitg.
Hopfentreber	73,0	2,23	0,56	114	140	88	67	
Runkelrübenmark . .	9,3	1,26	1,14	64	285	155	35	Lufttrocken
Desgleichen	70,0	—	0,38	64	85	—	106	Aus der Presse.
Runkelr.-Scheib, erschöpft	94,5	1,76	0,01	90	2	111	4137	Nach Dombasle's Verfahren.
Kartoffelmark . . .	73,0	1,95	0,53	100	131,5	100	76	
Kartoffelsaft	95,4	8,28	0,38	425	94	23	106	Geruht u. abgef.
Flüssigkeit aus der Stärkemehlfabrikation . .	99,2	8,28	0,07	425	17,5	—	571	Von d. Abwasch. mit 4 Volumen Wasser.
Absatz a. dieser Flüssigkeit	80,0	1,81	0,36	92	90	108	111	In Haufen abgetropft.
Desgleichen	15,0	1,81	1,54	92	384,5	—	24	Lufttrocken.
Fette Excremente v. Kühen	85,9	2,30	0,32	117	80	84	125	
Harn von Kühen . .	88,3	3,80	0,44	194	110	51	91	
Gemischte Excr. v. Kühen	84,3	2,59	0,41	132	102,5	75	98	
Feste Excr. von Pferden	75,4	2,21	2,55	113	137,5	88	73	
Harn von Pferden . .	79,1	12,50	2,61	641	652,5	15½	15½	Dicker Harn; d. Pferd trank wenig.
Gemischte Excr. v. Pferden	75,4	3,02	0,44	154	185	64	54	
Excremente v. Schweinen	81,4	3,37	0,63	172	157,5	58	63	
» » Schafen	63,0	2,99	1,11	153	277,5	65	36	
» » Ziegen .	46,0	3,93	2,16	201	540	50	18½	
Flamänd. Dünger, flüssiger	—	—	0,19	—	47,5	—	210	Im normalen Zustande.
Desgleichen	—	—	0,22	—	55	—	182	

Digitized by Google

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Thln. des Stoffes.		Aequivalent für 100 Thle. Stallmist.		Werth bei gleichem Gewicht, im Verhältniß zum Stallmist.		Bemerkungen.
		trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	
Poudrette v. Belgien .	12,5	4,40	3,85	225	962	44	10⅓	Lufttrocken.
» » Montfaucon	41,4	2,67	1,56	137	390	73	25½	
Harn v. öffentl. Pißwinkeln	9,6	17,56	16,85	900	4213	11	2⅓	Im Wasserbade getrocknet.
Desgleichen	96,9	23.11	0,72	1133	179	8½	56	Flüssig, ammoniakalisch.
Verkohlte Erde . . .	44,6	1,96	1,09	100,5	272	98	37	Seit 11 Monat. zubereitet.
Desgl. v. d Feldern b Paris	42,0	2,96	1,24	151,6	310,5	66	32	Frisch fabricirt.
Sogenannt. holl. Dünger	44,1	2,48	1,36	127	340	79	29½	In Lyon fabric.
Seekräuter, verkohlt .	12,1	2,73	2,40	140	600	7	16½	Im Wasserbade getrocknet (von Marseille).
Taubenmist	9.6	9,02	8,30	462	2075	21½	5	V. Bechelbronn.
Guano (in Engl. eingef.)	19,6	6,20	5,00	323	1247	31½	80	Im gewöhnlichen Zustande.
Desgleichen	23,4	7,05	5,40	361	1349	28	74	Durchgesiebt.
Guano (in Frankr. eingef.)	11,3	15,73	13,95	807	3487	12½	28½	
Koth von Seidenraupen	14,3	3,48	3,29	178,7	827	56	12	5 Jahre alt.
Desgleichen	11.4	3,71	3.29	190	822	53	12	6 Jahre alt.
Larven von Seidenraupen	78,5	8,99	1,94	461	485	21½	20½	
Maikäfer	77,0	13,93	3,20	714	801	14	13	
Muskelfleisch, trocken (lösl.)	8,5	14,25	13,04	730	3260	13½	3	Lufttrocken.
Blut, trockenes . . .	21,4	15.50	12,18	795	3045	12½	3¼	So wie man es versendet.
Blut, flüssiges . . .	81,0	—	2,95	795	736	—	13⅓	V. Schlachten.
Desgleichen	82,5	—	2,71	795	580	—	15	Von erschöpften Pferden.
Blut, geronnen u. ausgepr.	73,5	17,00	4,51	871	1128	11½	9	Aus der Presse.
» trocken, unlöslich .	12,5	17,00	14,88	871	3719	11½	2¾	In d. Fabr. getr.
Rückstände v. Berlinerblau	53,4	2,80	1,31	144	326	7	30½	Blutlaugenkohle.
Gedörrte Knochen . .	7,5	7,58	7,02	388	1754	26	6	
Feuchte Knochen . .	30,0	—	5,31	—	1326	—	7½	
Fettknochen, nicht gedörrt	8,0	—	6,22	—	1554	—	6½	0,12 Fett enth.
Rückstände v. Knochenleim	42,0	0,91	0,53	47	133	214	76	

Digitized by Google

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Thln. des Stoffes.		Aequivalent für 100 Thle. Stallmist.		Werth bei gleichem Gewicht, im Verhältniß zum Stallmist.		Bemerkungen.
		trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	trockenen	feuchten	
Abfälle von Leim . .	33,6	5,63	3.73	288,4	933,5	35	11	Von Fabrikanten geliefert.
Knochenkohle v. Raffiner.	47,7	2.04	1,06	104	265	96	38	So wie man es bereitet hatte.
Schwarz der Raffinerien	27,7	19,01	13,75	974	3437	103	8	Zu Paris bereit.
Schaum von Abklärungen	67,0	1,58	0,54	81	134	127	75	Von der Zuckerfabrik.
Engl. Schwarz . . .	13,5	8,02	6,95	411,4	1738	24	6	Blut, Kalk, Ruß.
Federn	12.9	17,61	15,34	903	3835	11	$2^1/_2$	
Haare von Ochsen . .	8,9	15,12	13,78	775	3445	13	3	
Wollene Lumpen . .	11,3	20,26	17,98	1039	4495	$9^1/_2$	$2^1/_4$	
Hornspähne	9,0	15,78	14,36	809	3590	$12^1/_3$	3	
Steinkohlenruß . . .	15,6	1,59	1,35	81	337,5	122	30	
Holzruß	5,6	1,31	1,15	67	287,5	149	35	
Asche aus d. Picardie.	9,2	0,71	0.65	36	162,5	275	62	
Düngererde v. trockn. Mist	—	1,03	—	53	—	189	33	Im Wasserbade getrocknet.

Gegen die Beurtheilung des Düngerwerths einer Substanz nach der Quantität des darin enthaltenen Stickstoffs hat sich schon Mulder erklärt. Wir könnten zwar diesen Widerspruch, als unsere Ansichten unterstützend, dankbar annehmen, fühlen uns aber doch gedrungen zu bemerken, daß wir die Mulder'schen Einwendungen, die ohnehin zum Theil auf bloßen Möglichkeiten beruhen, nicht für begründet ansehen können. Mulder erinnert, daß das verwesende Opium stickstoffreiches Morphium, faulender Käse stickstoffreiches krystallisirbares Leucin zurücklasse, daß es daher falsch sei, anzunehmen, daß alle stickstoffhaltige Körper unmittelbar durch Verwesung in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zerfallen. Er fügt hinzu: »Wir wissen ja nicht, wie viel Leucin aus dem Käse gebildet wird, der Käse zerfällt vielleicht in vielen Jahren noch nicht vollständig in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser. Was für den Käse gilt, gilt vielleicht auch für die andern Proteïnverbindungen.« Uns

Digitized by Google

scheint es eine seltsame Naturforschung auf ein Wir wissen nicht und einige Vielleichts Schlüsse bauen zu wollen. Wir wissen aber gewiß, daß in einem wund gemachten und längere Zeit wund erhaltenen Boden die organische Substanz außerordentlich schnell vollständig zerstört wird, wir wissen gewiß, daß organische Substanzen um so schneller verwesen und faulen, je mannichfaltiger sie gemischt sind; wir wissen gewiß, daß organische Substanzen bei erleichtertem Luftzutritt schneller zerstört werden, man denke nur an die außerordentlich schnelle Verwesung der in Sand begrabenen Leichen; wir wissen endlich gewiß, daß organische Substanzen um so schneller und vollständiger durch Verwesung zerstört werden, je feiner sie zertheilt sind, und aus allem diesen ist es überwiegend wahrscheinlich, daß das, was von einem faulenden Käse gilt, auf die organischen Substanzen des Düngers durchaus keine Anwendung leidet, welche in unendlich kleinen Theilchen, auf das mannichfaltigste unter einander gemischt und in einem lockeren von atmosphärischer Luft durchdrungenen Culturboden vertheilt, allen eine rasche und vollständige Verwesung herbeiführenden Einflüssen preisgegeben sind.

Unter den mit organischer Substanz verbundenen Düngemitteln nimmt §. 236.
hier unzweifelhaft in unserm jetzigen landwirthschaftlichen Betriebe der Stallmist die erste Stelle ein. In demselben sind die thierischen Excremente das eigentlich Wesentliche, an welches sich zunächst das Streumaterial und dann einige andere Abfälle des Haushalts anschließen. An die Seite stellen sich demselben die aus halbverwesten, vertrockneten Menschenexcrementen entstandene Pudrette, der aus Spülicht und Menschenexcrementen gebildete flüssige flammändische Dünger und der größtentheils aus halbverwesten Vogelexcrementen bestehende Guano. Endlich sind hier noch der Seetang und die werthloseren Fische zu erwähnen, welche für viele Küstengegenden von außerordentlicher Wichtigkeit sind.

Die Excremente der Thiere bestehen immer aus den abgenutzten und ausgeschiedenen Stoffen des Körpers und werden daher in dieser Beziehung um so reicher sein, je rascher bei den Thieren der Stoffwechsel ist. Dieses richtet sich einmal nach der Natur des Thieres. Bei den Vögeln treffen wir den lebhaftesten Stoffwechsel, dann scheint der Mensch zu kommen, dann die Fleischfresser und zuletzt die Pflanzenfresser. Zweitens richtet es sich nach der augenblicklichen Lebensweise des Thieres, indem größere Thätigkeit den Stoffwechsel beschleunigt, Ruhe ihn verlangsamt.

Die Excremente enthalten aber auch anderseits den nicht assimilirten Theil der Nahrung, und in dieser Beziehung ist oft ihr Gehalt nach den verschiedenen Nahrungsmitteln verschieden.

Es geht aus diesen Betrachtungen hervor, wie außerordentlich verschie-

Digitized by Google

den der Gehalt aller der aus Thierexcrementen entstandene Dünger sein muß. Daher erscheint es auch fast unnütz, die ohnehin noch höchst unvollständig vorhandenen Analysen mitzutheilen. In den meisten Fällen wird man den Gehalt mit Gewißheit beurtheilen können, wenn man sorgfältig die Umstände erwägt, unter denen der Dünger entstanden ist, und den so gefundenen Gehalt mit den Zwecken vergleicht, zu denen der Dünger verwendet werden soll.

§. 237. Soweit die Ernährung der Pflanze in Frage kommt, erkennen wir dem Dünger keine andere Bedeutsamkeit zu, als die nach seinem Gehalt an unorganischen Stoffen, unter den dem Obigen zufolge Phosphorsäure und Alkalien die Hauptrolle spielen Damit stimmt die auffallend kräftige Wirkung des Vogelmistes und der Menschenexcremente, des Seetangs für die Kartoffeln, der Fische für den Waizenbau sehr gut überein.

Es ist aber hier noch ein Punkt ins Auge zu fassen, welcher nicht nur den Unterschied zwischen dem aus thierischen Excrementen gebildeten Dünger und einer äquivalenten Menge unorganischer Salze, sondern auch zwischen den verschiedenen aus Excrementen gebildeten Düngerarten selbst betrifft. Wäre es praktisch ausführbar, jeder einzelnen Pflanze in jedem einzelnen Momente die nöthige Menge von unorganischen Substanzen zuzuführen, so fiele dieser Unterschied weg; wir müssen aber aus ökonomischen Rücksichten dem Boden die für die Pflanzen bestimmten unorganischen Bestandtheile für eine größere oder geringere Zahl von Jahren auf einmal einverleiben. Es ist also nicht genug, daß die unorganischen Substanzen in gehöriger Menge vorhanden sind, sondern sie müssen auch in einem solchen Zustand sein, daß sie gegen das Auswaschen durch den Regen geschützt sind und doch den Pflanzen allmälig zugänglich werden. Diese Bedingungen sind aber in den organischen Düngerarten fast vollkommen erfüllt. Die unorganischen Bestandtheile befinden sich hier in einer chemischen oder mechanischen Verbindung mit den organischen Substanzen, welche sie wenigstens zum größten Theil unauflöslich macht und sie erst allmälig der auflösenden Kraft des Wassers zugänglich werden läßt, so wie sie allmälig durch die Verwesung oder Fäulniß der organischen Substanzen in Freiheit gesetzt werden. Hierauf beruht der wesentliche Unterschied zwischen organischem Dünger und Mineraldünger, hierauf beruht aber auch der eigenthümliche Unterschied unter den verschiedenen aus Excrementen entstandenen Düngerarten, von denen einige ihre Wirkung gleich, andere allmälig entwickeln, umgekehrt aber auch einige bald aufhören wirksam zu sein, andere dagegen nachhaltig ihren Einfluß auf die Vegetation geltend machen. Dabei kann es vorkommen, daß ein Dünger von ungleich geringerem oder werthloserem Gehalt, wie z. B. der Stallmist, doch eine bei weitem andauerndere Wirkung zeigt, als ein sehr viel reicherer Dünger, z. B. menschliche Excremente.

Digitized by Google

Es hängt alles davon ab, wie fest die unorganische Substanz mit der organischen verbunden ist, und wie schnell die letztere zerstört wird. Hier fehlt es an Untersuchungen, was und wie viel das Wasser aus den verschiedenen frischen Excrementen aufnimmt und in welchen Zeiträumen die verschiedenen Excremente im trockenen Zustande durch Verwesung und im nassen durch Fäulniß zerstört werden. Nur sehr im Allgemeinen wissen wir, daß in dieser Beziehung unter den Excrementen große Verschiedenheiten sind. Ist einmal die organische Substanz vollständig zerstört, so wird die unorganische Substanz, soweit sie auflöslich ist, schnell aus dem Boden ausgelaugt und die Pflanzen sind wieder auf die dürftig fließende Quelle des langsam fortschreitenden Verwitterungsprocesses der Gesteine im Boden beschränkt. Abgesehen von den ökonomischen Verhältnissen sind es fast ausschließlich die hier berührten Gesichtspunkte, von welchen die Auswahl unter den verschiedenen Arten des organischen Düngers nach den verschiedenen zu verfolgenden Zwecken abhängt.

Es ist kaum noch nöthig, der Vollständigkeit wegen, daran zu erinnern, daß, welche Ansicht man auch von der Wirkungsweise des Düngers haben möge, die flüssigen Excremente der Thiere von unschätzbaren Werthe sind, indem in ihnen sowohl ein großer Stickstoffgehalt als auch ein großer Theil an Phosphorsäure und Alkalien repräsentirt ist.

2. Unorganische Düngemittel.

§. 238. Daß die unorganischen Düngemittel wesentlich als Nahrungsstoffe in Betracht kommen, kann in unserer Zeit keinem Zweifel mehr unterliegen, und es handelt sich bei ihnen nur um ihr quantitatives Verhältniß, welches auszumachen immer Aufgabe der praktischen Versuche sein wird. Sodann aber bei denjenigen Substanzen, welche, wie die einfachen, die Doppelsalze oder die gemischten Salze mehrerer Stoffe zugleich enthalten, um die Ermittelung der wesentlich wirksamen Bestandtheile.

Unter den in beträchtlicher Menge angewendeten Substanzen, sind vorzugsweise einige Salze der Alkalien und Erden zu nennen, namentlich Chilisalpeter, Gyps und der größtentheils aus Gyps bestehende Dornstein der Salinen. Wir könnten hier noch das Kochsalzes erwähnen, welches zwar schwerlich in größerer Menge im Binnenlande angewendet wird, aber als Seewasser an den Küstenstrichen von Bedeutung wird. Wenn wir die, durch Versuche ermittelten vortheilhaften Folgen dieser Düngersalze ins Auge fassen und die quantitativen Analysen der Ernten mit ihnen vergleicht, so kommen wir zu folgenden Sätzen:

1) Alle diese Düngemittel wirken nur dann auffallend, wenn der Boden, auf welchem sie angewendet werden, reich ist an Humus.

Digitized by Google

2) Der Mehrertrag steht in gar keinem Verhältniß zu der in der angewandten Düngersubstanz befindlichen Menge der Säure, wie das am auffallendsten bei der Gypsdüngung hervortritt.

3) Die einzelnen Düngemittel geben sehr verschiedene Resultate nach den verschiedenen Pflanzen, auf welche sie angewandt werden, und es steht das Resultat in einem gewissen Verhältniß zu den verschiedenen Ansprüchen, welche die einzelnen Pflanzen an die unorganischen Bestandtheile machen. Am auffallendsten tritt dies hervor bei der Wirkung des Gypses auf die Kalkpflanzen, und des Kochsalzes auf die Sodapflanzen.

Aus diesen Sätzen können wir mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluß ziehen, daß, die phosphorsauren Salze ausgenommen, die Basen und nicht die Säuren dieser Düngemitttel wesentlich als Nahrungsstoff in Betracht kommen, und daß diese Salze, welche sich in Berührung mit verwesenden organischen Substanzen schnell in kohlensaure Salze verwandeln, wesentlich nur als kohlensaure Salze, aber nicht als Salze, mit der ihnen ursprünglich zugehörigen Säure aufgenommen werden.

Faßt man die sämmtlichen Erfahrungen über die Wirkung des Gypses zusammen, so bleibt kein Zweifel übrig, daß bei demselben nur der Kalkgehalt der wirksame Bestandtheil sei, und daß der Gyps seinen etwanigen Vorzug vor andern, kalkhaltigen Düngemitteln nur einigen Nebeneigenschaften verdanke, namentlich der leichten Vertheilung im gepulverten Zustande, seinem bestimmten eigenthümlichen Verhältniß zum auflösenden Wasser und seiner davon abhängigen langsamen und stetigen Umwandlung im Boden.

§. 239. Ueber die Wirksamkeit des Chilisalpeters findet allerdings bei vielen Forschern noch eine abweichende Ansicht Statt, indem dieselben nicht das Natron, sondern die Salpetersäure wegen ihres Stickstoffgehalts als den wirksamen Bestandtheil ansehen. Wir können uns dieser Ansicht von der Wirkung der Salpetersäure nicht anschließen. Bei den Düngungsversuchen, die angestellt worden sind, hat das salpetersaure Ammoniak keine größere Wirkung als das kohlensaure gezeigt. Wir finden zwar in den Säften aller Pflanzen Ammoniak, aber keine Salpetersäure, außer einigen wenigen, durch ihren eigenthümlichen Standort auf Schutt, Composthaufen u. s. w. ausgezeichneten Pflanzen. Alles, was man für die Wirksamkeit der Salpetersäure angeführt hat, namentlich die üppige Vegetation auf einem die Salpetersäure-Bildung begünstigenden Boden, ist nicht beweisend, denn einestheils trifft dieses doch immer nur einige eigenthümliche Pflanzen, anderntheils ist jeder die Salpetersäure-Bildung begünstigende Boden auch nothwendig ein an Ammoniak reicher Boden. Es heißt also das Ganze nichts anderes, als neben einer für die meisten Fälle als

Digitized by Google

richtig erwiesenen Erklärung noch eine völlig überflüssige und in jeder Beziehung zweifelhafte herbeiziehen.

Es würde überflüssig sein, hier alle diejenigen unorganischen Substanzen aufzuzählen, welche einmal als Dünger benutzt sind oder als Dünger benutzt werden können. Wir können hier ganz im Allgemeinen sagen, daß jede unorganische Substanz, welche Aschenbestandtheile der Culturpflanzen enthält, als Düngemittel angewandt werden kann und vortheilhaft wirken wird, sobald die betreffenden Substanzen in dem Boden entweder ganz fehlen, oder doch in zu geringer Menge vorhanden sind.

Von allen unorganischen Düngemitteln das wichtigste und in gewisser §. 240.
Weise alle zusammenfassend, ist das Quellwasser. Seinem Ursprunge nach ist es eben nichts anderes, als eine Auflösung der im Boden vorhandenen auflöslichen Bestandtheile, also mit anderen Worten die eigentliche Pflanzennahrung selbst. Modificirt wird es dadurch, daß es in seinem Laufe durch die verschiedenen Erdschichten, bis es wieder zu Tage kommt, gar manche Bestandtheile aufnimmt und absetzt, weshalb nicht jedes Wasser eine gleich günstige Wirkung ausüben kann. Insbesondere wird es bei längerem Laufe an der Luft größtentheils die schwerauflöslichen Kalksalze verlieren, und daher wird es den kalkreichen Pflanzen, namentlich den schmetterlingsblüthigen, dem Klee, den Platterbsen und den Erbsen u. s. w. nur selten genügen. Ueberall aber wird es für Gräser und Cerealien, wie die Erfahrung zeigt, ein in jeder Beziehung vollständig genügender Nahrungsstoff sein. Die einzige Thatsache, daß bei zweckmäßiger Bewässerung der dürrste Sandboden in den wärmeren Gegenden in ununterbrochener Folge derselben Pflanze Körnerernten hervorbringt, gegen welche auch unser reichstes Culturland als arm erscheint, ist genügend, die völlige Unabhängigkeit unserer Cerealien vom Humus als Nahrungsstoff unwiderleglich zu beweisen.

Daß die so weit möglich allgemeine Einführung der künstlichen Bewässerung beim Wiesenbau (die sogenannten Rieselwiesen) ein wesentlicher Fortschritt in unsern Culturmethoden bezeichnet, kann Niemand in Abrede stellen, der sich ernst mit der Sache beschäftigt hat. Die meisten Gegner dieses Systems sind nach und nach verstummt. Ein Vorwurf indeß, der den Rieselwiesen gemacht wird, scheint in der That gerechtfertigt zu sein. Man sagt nämlich, daß sich das Heu allmälig verschlechtere und daß viele der nahrhafteren Futterkräuter beim Berieseln von den Wiesen verschwänden. Das mag besonders bei den Hülsenpflanzen und dem Klee zum Theil der Fall sein. Ich glaube aber, dem Mangel ließe sich leicht abhelfen, wenn wir von den natürlichen Rieselwiesen, nämlich den Alpen, diejenigen Kräuter entlehnen wollten, die dort vortrefflich gedeihen, also das Rieseln ertragen können und gerade zu den gewürzigsten und

Digitized by Google

nahrhaftesten Wiesenkräutern gezählt werden. Ich will hier insbesondere nur auf zwei von den Sennern so hochgeschätzte Pflanzen aufmerksam machen, mit deren Ansaat wir sicher unsere Wiesen wesentlich verbessern könnten, nämlich: das Mutterengras (Phellandrium mutellina) und den Alpenfrauenmantel (Alchemilla alpina).

§. 241. Auch den unorganischen Düngemitteln kommt zuweilen ein nicht unbeträchtlicher Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens zu. Von der Beimengung des Thons und Sandes und des Humus versteht sich das nach dem Früheren von selbst. Aber auch der Aetzkalk kann von bedeutender Wirkung auf die Natur des Bodens sein, theils durch die schon erwähnten aufschließenden Eigenschaften für Mineralbestandtheile, theils durch die zersetzende Einwirkung, welche derselbe auf den Humus ausübt.

Wie wir schon oben an einem Beispiele von den Ammoniaksalzen nachgewiesen haben, sind wahrscheinlich noch in dieser Beziehung außerordentlich viele Untersuchungen zu machen. Die verschiedenen Arten des Thons und Lehms zeigen, daß die Lockerheit oder Bündigkeit lediglich von den Verbindungen abhängt, in welchen die sämmtlichen einzelnen Bestandtheile sich unter einander befinden, und daher muß der Zusatz irgend einer Basis oder einer Säure in einigermaßen beträchtlicher Menge auch einen wesentlichen Einfluß auf den inneren Zusammenhang ausüben.

C. Trockenlegung des Bodens.

§. 242. Wenn wir die Erfahrungen im Gebiete der Pflanzencultur auf der ganzen Erde überblicken, so ergiebt sich uns als Resultat, daß Nichts von größerer Wichtigkeit sei für das Gedeihen der Pflanzen, als die Regulirung des Wasserzuflusses. Von der Zuführung des Wassers machen wir in unserem Klima bis jetzt nur bei den Wiesen eine Anwendung, und bei dem auffallend vortheilhaften Erfolg sollte man vermuthen, daß das Abführen des Wassers durchaus keine Vortheile darbieten könnte. Das Entscheidende aber liegt hier darin, daß es wesentlich auf den Zustand ankommt, in welchem das Wasser sich im Boden befindet. Eine der dürftigsten Floren finden wir gerade auf dem wasserreichsten Boden, auf dem Sumpf- und Torfboden; eine der reichsten Vegetationen dagegen auf den ebenfalls fast beständig mit Wasser getränkten Alpenwiesen. Der Unterschied ist hier wesentlich der, daß das Wasser in dem ersten Falle ein stagnirendes, in dem anderen Falle ein beständig wechselndes ist.

Die Ursachen, weshalb das erstere so entschieden nachtheilig auf die Vegetation wirkt, so daß selbst die dem Moorboden eigenthümlichen Pflanzen-

Digitized by

arten fast nur aus einfachen, formlosen, auf niedriger Stufe der Entwickelung verharrenden Pflanzen besteht, während das lebendig fließende Wasser einen entschieden günstigen Einfluß ausübt, sind noch keineswegs genügend erforscht. Es scheint, daß ein hauptsächlicher Einfluß sich hier in der Art und Weise, wie die organischen Substanzen zersetzt werden und wie der aus demselben gebildete Humus zusammengesetzt ist, geltend macht. Wir erinnern dabei ganz besonders daran, daß der größte Theil der unorganischen Salze höchst wahrscheinlich, um von der Pflanze aufgenommen zu werden, erst in kohlensaure Salze verwandelt werden muß; wir erinnern ferner daran, wie gering der Bedarf der Pflanzen an Schwefel und folglich an Schwefelwasserstoff ist, vorausgesetzt, daß die Pflanzen sich den Schwefel in dieser Form aneignen, daß aber die schwefelsauren Salze in Berührung mit faulenden, organischen Substanzen sich rasch in Schwefelverbindungen umsetzen, und daß daher bei stagnirendem Wasser sich das Schwefelwasserstoffgas in einer Weise anhäufen muß, die nothwendig für viele Pflanzen verderblich werden wird.

Auf jeden Fall liegt die vortheilhafte Wirkung der Trockenlegung des Bodens in der Entfernung des stagnirenden Wassers. Da dies, in der Tiefe des Bodens sich vorfindende Wasser gerade dasjenige ist, welches die Quellen speist und also die Stoffe nennt, welche von dem durchsickernden Regenwasser dem Boden entzogen werden, so ist eine genauere Kenntniß desselben in vielfacher Beziehung interessant. Wir theilen deshalb hier die folgende Analyse mit von einem Wasser, welches bei der Trockenlegung des Untergrundes in England gewonnen wurde. Interessant ist hierbei die große Verschiedenheit des Gehaltes an trockener Substanz, welches dieses Wasser in den verschiedenen Jahreszeiten zeigt. Berechnet man nach dem Mittel die Mengen, welche das in die Tiefe gehende Wasser dem Boden entzieht, so erhält man die bedeutende Menge von mindestens 155 Pfund jährlich für den Morgen.

Analysen des Wassers aus den Abzugscanälen bei Trockenlegung des Untergrundes (thorough drainage) in East Lothian in Schottland.

Im Novembre 1844 enthielten 18 Pfund Wasser 40,50 Gran festen Rückstandes; am 29. April 1845 15,20 Gr.; am 16. Mai 1845 27,50 Gr.

Der feste Rückstand des Wassers vom 29. April und vom 16. Mai war in folgender Weise zusammengesetzt:

Digitized by Google

	den 29. April	16. Mai.
Organische Materie . . .	3,40 Gr.	7,800 Gr.
Kieselerde	0,90 »	0,700 »
Kieselsaure Thonerde . . .	0,40 »	0,200 »
Schwefelsaure Thonerde . .	0,85 »	— »
Phosphorsaure Thonerde .	— »	0,450 »
Phosphorsaurer Kalk . .	0,30 »	3,100 »
Kohlensaurer Kalk . . .	— »	2,700 »
Phosphorsaure Talkerde . .	— »	1,800 »
Talkerde?	— »	1,690 »
Chlorcalcium	3,00 »	2,107 »
Chlortalcium	1,12 »	— »
Chlornatrium	1,80 »	2,615 »
Eisenoxyd	2,10 »	2,250 »
	13,87 Gr.	25,412 Gr.

D. Wechselwirthschaft.

§. 243. Die Erfahrung hat darauf geführt, daß durch die Abwechselung mit verschiedenen Culturpflanzen unter Hinzuziehung des Kleebaues die Brache entbehrlich gemacht werden könne. Die Wissenschaft hat die Aufgabe zu entwickeln, auf welche Weise sich dieses aus der Natur der Pflanzen erklären läßt. Nichts, was die Menschen erdenken, ist vollkommen und einer Verbesserung unzugänglich; dies gilt auch sicher von der Wechselwirthschaft. Verbesserungen sind aber unmöglich oder hängen doch rein vom Zufall ab, wenn man das nicht versteht, was da ist. Dadurch gewinnt die folgende Betrachtung ihre praktische Seite.

Wir haben oben die schädlichen Einflüsse der Bodenbearbeitung erörtert; wir haben nachgewiesen, wie die Brache ihren Hauptwerth nur darin hat, daß sie diese Nachtheile wieder aufhebt, und hier müssen wir die Behauptung voranstellen, daß der Kleebau das eigentlich Wesentliche der Wechselwirthschaft und nur ein Ersatzmittel für die Brache ist, welches diese aber in seiner Vortheilhaftigkeit noch übertrifft. Wir finden mit einem Wort, daß das Wesentliche der Wechselwirthschaft »die Vermehrung des Humus durch den Kleebau« ist. Die folgende Erörterung muß diesen Ausspruch rechtfertigen.

§. 244. Ehe wir an die Sache selbst gehen, müssen wir aber erst eine Reihe von Tabellen einschalten, auf welche wir uns im Folgenden zu beziehen haben werden. Leider stehen uns für die Hauptsache hier nur die Bousſingault'schen Arbeiten zu Gebote, indem namentlich alle deutschen Angaben nur so ungefähr sind, daß sie für wissenschaftliche Betrachtungen keine Anhaltepunkte

Digitized by Google

bieten. Die Tafel Nr. 10 mit ihren vielen Fragezeichen giebt den beſten Beleg hierzu.

Bemerkungen von Bouſſingault zu ſeinen Tabellen.

Die in der erſten und zweiten Tafel angegebene Fruchtfolge iſt diejenige, welche in Bechelbronn und dem größten Theile des Elſaß angenommen iſt. Dieſe beiden Umläufe, die nur in der aufgenommenen Hackfrucht, bei dem einen die Kartoffel, bei dem andern die Runkelrübe, von einander abweichen, bieten keine weſentlichen Unterſchiede; es wird dabei faſt dieſelbe Menge trockene organiſche Materie auf dem Hectare erzeugt.

Der Schlag Nr. 3 wurde von Schwerz und Hohenheim eingeführt; die Theorie zeigt, daß dies einer der vortheilhafteſten Wechſel iſt. Man hat dieſen Schlag auch in Bechelbronn verſucht; allein hier iſt man davon abgegangen, weil hier der Witterungsverhältniſſe wegen die Bohnen und Erbſen oft fehlſchlagen.

Die vierte Tafel enthält den dreijährigen Schlag mit gedüngter Brache. In theoretiſcher Beziehung bietet dieſe Culturmethode, wie man ſieht, ein unvortheilhaftes Reſultat. Die organiſche Materie der Ernten übertrifft die des Düngers nur um ein Geringes. Selbſt wenn man annimmt, daß ſich alles Stroh in Dünger verwandelte, wird man ſich doch in die Nothwendigkeit verſetzt ſehen, wo es auch wirklich der Fall iſt, Dünger von außerhalb zu beziehen, um die durch die Ausfuhr von Waizen veranlaßte Erſchöpfung wieder auszugleichen. Man ſieht leicht ein, weshalb daher bei der Dreifelderwirthſchaft immer ein großer Theil des Gutes aus Wieſen beſtehen muß.

Die fünfte Tafel enthält das Reſultat des fortgeſetzten Anbaues von Topinambur. Zu Bechelbronn düngt man den mit Topinambur beſtellten Hectare alle zwei Jahre mit 25 Fudern oder 45450 Kilogr. Miſt. In den beiden Jahren gewinnt man durchſchnittlich 52800 Kilogr. Knollen und 2820 Kilogr. holzige Stengel. Man kann ſehen, indem man die Zahlen dieſer Tabelle prüft, daß die Cultur des Topinamburs, theoretiſch genommen, beträchtliche Vortheile darbietet; die organiſche Materie der Ernte übertrifft die des Düngers um Vieles. Uebrigens wird hier dieſe, im Elſaſſiſchen ſehr ausgebreitete Cultur als eine der einträglichſten betrachtet, welche man annehmen kann; gleichwohl muß man bei dem theoretiſchen Ergebniſſe die organiſche Materie der Stengel in Rechnung und ſogar in Abzug bringen, da ſie in der Landwirthſchaft faſt gar keine Verwendung finden.

In der ſechsten Tafel ſind die relativen Angaben aus einem von Crud angenommenen vierfeldrigen Schlage zuſammengeſtellt, in welchem nach einander geerntet werden: 1) Kartoffeln oder Runkelrüben, 2) Waizen, 3) rother

Digitized by Google

Klee, 4) Waizen. Der erste Schlag wird mit 44000 Kilogr. halb verwesten Stallmistes verbessert. Bei diesem Dünger, so wie auch bei den Erträgen des Umlaufs sind die Zusammensetzungen angenommen, welche die Analyse für den Dünger und die Ernten des Elsaß nachweist. Der Gewinn an organischer Materie, welche in diesem Schlage erhalten wurde, ist größer, als bei den früheren Umläufen; aber da die Kleeernten, wenn sie alle vier Jahr wiederkehren, nicht mehr ganz sicher sind, so läßt Crud aus Gründen, welche von der Kritik vielleicht nicht in Schutz genommen werden, diesem Umlaufe Luzerne folgen, die er anfänglich noch einmal schwach düngte. Es ist gewiß, daß Luzerne dem Gute eine ansehnliche Menge Futter einbringt, und auf diese Weise die Fruchtbarkeit der Ländereien außerordentlich steigert, wenn dieses Nahrungsmittel auf dem Gute selbst verbraucht wird; indeß ist nicht wohl zu begreifen, weshalb man nicht den Klee wiederkehren läßt, wenn, wie Crud behauptet, Luzerne so gut einschlägt. Uebrigens ist man bei der Dreifelderwirthschaft, wo man den Klee zu häufig wiederkehren lassen wollte, vielleicht in den entgegengesetzten Fehler verfallen, indem man ihn nur alle fünf oder sechs Jahre anbauen will. Sicher sind über diesen Gegenstand noch wichtige Erfahrungen zu machen übrig. Es ist nicht unmöglich, daß der schlechte Erfolg der Kleeschläge oft von den frühzeitigen Hieben abhängig ist, die man im ersten Jahre macht, wo dann die Wurzeln der Pflanze noch nicht die gehörige Stärke erlangt haben. Bousfingault verzichtet seit mehreren Jahren auf diesen ersten Hieb, und alles scheint anzudeuten, daß alsdann das Bestehen des Kleeschlags, welcher im zweiten Jahre geschaffen werden soll, weit mehr gesichert ist.

Die Zahlen bezeichnen Kilogramme zu 2 preuß. Zollpfund oder 2,138 Pfund bürgerlichen preuß. Gewichts; der Hectare ist gleich 4 hessischen oder nassauschen Morgen zu 40,000 □Fuß.

Digitized by Google

Fruchtfolge Nro. 1.

Jahre	Substanzen	Ernten von einem Hectare	Trockene Ernten	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Erstes	Kartoffeln	12800	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
Zweites	Waizen	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
	Waizenstroh	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
Drittes	Klee (als Heu)	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
Viertes	Waizen	1659	1814	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Waizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Stoppelrüben, nachgeerntet	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
Fünftes	Hafer	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
	Haferstroh	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
	Summe	40418	17791	8383,1	973,3	7172,9	250,7	1010,9
	Angewendeter Dünger	49086	10161	3737,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
	Differenz		+ 7630	+ 4745,5	+ 546,5	+ 5551,4	+ 47,5	— 2261,0

Digitized by Google

Fruchtfolge Nro. 2.

Jahre	Substanzen	Ernten von einem Hectare	Trockene Ernten	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Erstes	Runkelrüben	26000	3172	1357,7	184,0	1376,7	53,9	199,8
Zweites	Waizen	1185	1013	467,0	58,8	439,6	23,3	24,3
	Waizenstroh	2693	1993	964,0	105,6	775,3	8,0	139,5
Drittes	Klee (als Heu) . . .	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
Viertes	Waizen	1659	1418	615,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Waizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1083,3	11,2	195,3
	Stoppelrüben, nachgeerntet	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
Fünftes	Hafer	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
	Haferstroh	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
	Summe	53101	17478	8192,7	956,5	7009,0	254,2	1065,5
	Angewendeter Dünger	49086	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
	Differenz		+ 7317	+ 4555,1	+ 529,7	+ 4387,5	+ 51,0	— 2206,4

Digitized by Google

Fruchtfolge Nro. 3.

Jahre	Substanzen	Ernten von einem Hectare	Trockene Ernten	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Erstes	Kartoffeln	12800	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
Zweites	Waizen	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
	Waizenstroh	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
Drittes	Klee (als Heu)	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
Viertes	Waizen	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Waizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Stoppelrüben, nachgeerntet	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
Fünftes	Erbsen (gedüngt) . . .	1092	998	464,1	61,9	399,2	41,9	30,9
	Erbsenstroh	2790	2461	1127,3	123,0	876,1	56,6	278,1
Sechstes	Roggen	1679	1394	644,0	78,1	616,1	23,7	32,1
	Roggenstroh	3731	3033	1513,5	169,8	1231,4	9,1	109,2
	Summe	46566	23330	10949,7	1268,8	9404,8	253,6	1353,2
	Angewendeter Dünger	161766	12192	4364,2	512,2	3145,5	243,8	3925,8
	Differenz		+ 11138	+ 6585,5	+ 756,6	+ 6259,3	+ 109,8	— 2572,6

Digitized by Google

Fruchtfolge Nro. 4.

Jahre	Substanzen	Ernten von einem Hectare	Trockene Ernten	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Erstes	Gedüngte Brache . . .	—	—	—	—	—	—	—
Zweites	Waizen	3318	2836	1037,4	164,5	1230,5	65,2	68,1
u. drittes	Stroh	7500	5550	2686,2	294,2	2159	22,2	388,5
	Summe	10818	8386	3993,6	458,7	3389,8	87,4	456,6
	Angewendeter Dünger	20000	4140	1482,1	173,9	1068,1	82,8	1333,1
	Differenz		+ 4246	+ 2511,5	+ 284,8	+ 2321,7	+ 4,6	— 876,5

Digitized by Google

Nro. 5. Fortwährende Cultur der Erdbirnen.

Jahre	Substanzen	Ernten von einem Hectare	Trockene Ernten	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kio .
Erstes und zweites	Topinambur	52880	11000	4763,0	638,0	4763,0	170,6	660,0
	Holzige Stengel . . .	28200	24542	11224,7	1326,3	11224,7	98,2	687,2
	Summe	81080	35562	15987,7	1964,3	15987,7	274,2	1347,2
	Angewendeter Dünger	45450	9408	3368,1	395,1	2427,3	188,2	3029,3
	Differenz		+ 26154	+12619,6	+ 1569,2	+13560,4	+ 86,0	— 1682,1

Digitized by Google

Nro. 6. Vierjährige Fruchtfolge, nach Crud.

Jahre	Culturen	Ernten von einem Hectare	Trockene Ernten	Elementarstoffe der Ernte				
				Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Erstes	Kartoffeln, halbe Hectare	10000	2410	1060,4	139,8	1077,3	36,1	96,4
	Runkelrüben, halbe Hectare	20000	2440	1044,3	141,5	1059,0	41,5	153,7
Zweites u. viertes	Waizen, 46 Hectoliter	3634	3106	1431,8	180,2	1348,0	71,4	74,6
	Waizenstroh	8000	5720	2768,6	303,2	2225,0	22,8	400,4
Drittes	Klee, drei Hiebe	8000	6320	2995,7	316,0	2389,0	132,7	486,6
	Summe	49634	19996	9300,8	1080,7	8098,3	304,5	1211,7
	Verbrauchter Dünger . .	44000	9108	3260,7	382,5	2349,9	182,1	2932,8
	Differenz		+10888	+6040,1	+698,2	+5748,4	+122,4	−1721,1

Digitized by Google

Nro. 7. Wiederholung.

Fruchtfolge	Trockener Dünger, verzehrt auf einem Hectare in einem Jahre	Stickstoff, enthalten im Dünger	Ernte im trockenen Zustande, erhalten in einem Jahre auf einem Hectare	Stickstoff, enthalten in der Ernte	Gewinn von organischer Materie in einem Jahre auf einem Hectare	Gewinn von Stickstoff in einem Jahre auf einem Hectare
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Nro. I.	2032	40,6	3558	50,1	2178	9,5
» II.	2032	40,6	3495	50,8	1905	10,2
» III.	2032	40,6	3888	58,9	2742	18,4
» IV.	1360	25,8	2790	29,1	1707	3,3
» V.	4047	94,1	17781	137,1	13918	43,0
» VI.	2277	45,1	4999	76,1	3152	30,6

Digitized by Google

Aus dem Vorſtehenden erſieht man, daß gerade die Umläufe, welche den Klee aufnehmen, das größte Verhältniß an organiſcher Materie liefern. Am Schluſſe des Umlaufs giebt Crud dem Hectare 44000 Kilogr. Miſt, und macht nun ſechs Jahre hintereinander auf Koſten dieſes Düngers die folgenden Ernten.

Nro. 8.

Cultur.	Ertrag von einem Hectare	Gehalt an Stickſtoff
	Kilogr.	Kilogr.
Trockene Luzerne, 1ſtes Jahr	3360	79
» » 2tes »	10080	237
» » 3tes »	12500	294
» » 4tes »	10080	237
» » 5tes »	8000	188
Waizen, 6tes Jahr	1580	31
Stroh	3976	12
		1078
Angewendeter Miſt	44000	224
Gewinn an Stickſtoff		854
Gewinn im Jahre und von einem Hectare . .		142

Digitized by

Nro. 9.

Tabelle über die dem Boden wieder einverleibten Ernterückstände bei den Bouſſingault'ſchen Culturen.

Art der Ernten	Ertrag von einem Hectare 1839	Ertrag bei 100° getrocknet	Art der in dem Boden enthaltenen Ernterückstände	Rückstände von einem Hectare	Rückstände bei 100° getrocknet	Elementarstoffe der Rückstände				
						Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Salze und Erden
	Kilogr.	Kilogr.		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Kartoffeln	12400	2988	Kartoffelkraut . . .	2870	687	307,9	35,1	206,2	15,8	122,3
Runkelrüben	14921	1820	Runkelrübenblätter .	10472	1167	444,6	59,5	359,5	52,5	250,9
Waizen	2344	2004	Stoppel	1400	1036	501,4	55,0	402,8	4,2	72,6
Klee als Heu	2500	1975	An der Luft getrocknete Wurzel . . .	2000	1547	671,4	82,0	570,8	27,9	194,9
Hafer	2031	1608	Stoppel	912	650	325,7	35,1	253,5	2,6	33,1
Summe . . .	32196	10395	Summe . . .	17654	5087	2251,0	266,7	1792,8	103,0	673,8
Angewendeter Dünger	49086		Angewendeter Dünger		10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9

Digitized by Google

Nro. 10.

Eine mittlere Ernte (bei Nr. 1—5 und 16 die Aussaat abgerechnet) liefert auf 1 Hectare (= 4 hessische Morgen zu 40,000 □Fuß) in Kilogrammen (= 1 preuß. Zollpfund oder 2,138 gewöhnliche preuß. Pfund):

	Stickstoffhaltige Substanzen	Stickstofffreie Substanzen	Aschenbestandtheile	Wasser	Summe	Körner	Stroh
1) Waizen	386,53	3505,49	209,38	1208,60	5310,0	1540	3770
2) Roggen	243,11	3344,09	113,51	751,49	4453,0	1425	3028
3) Gerste	396,93	5592,88	336,12	856,57	7182,0	2394	4788
4) Hafer	297,60	3259,60	168,40	1101,40	4827,0	1786	3041
5) Mais	?	?	291,84	?	9385,0	3604	5781
6) Hirse	?	?	269,66	?	5950,0	1950	4000
7) Buchweizen	?	?	97,00	?	3500,0	1500	2000
8) Erbsen	635,30	2747,10	207,65	515,95	4106,0	1106	3000
9) Linsen	?	?	173,86	?	8037,0	1360	3677
10) Feldbohnen	?	?	158,41	?	4887,0	2121	2766
11) Wicken	?	?	183,70	?	4275,0	1275	3000
12) Runkeln	5542,00	5542,00	383,00	31575,00	37500,0	Rüben 30000	Blätter 7500
13) Brachrüben	4638,00	4638,00	360,00	37002,00	42000,0	36000	6000?
14) Stoppelrüben	1546,00	1546,00	120,00	12334,00	14000,0	12000	2000?
15) Möhren ohne Kraut	503,00	3947,00	275,00	29275,00	46000,0	34000	12000?
16) Kartoffeln	615,24	5938,56	322,20	18324,00	25200,0	Knollen 21600	Kraut 3600
17) Winterraps	?	?	309,60	?	6330,8	Samen 1960	Stroh 4370,8
18) Hanf	?	?	105,20	?	1801,0	Samen 690	Stengel 1111
19) Flachs	?	?	254,30	?	5094,0	106	4988
20) Taback	?	?	319,00	?	1450,0	—	—
21) Kopfkleeheu	926,00	5637,00	547,00	1890,00	9000,0	—	—
22) Wiesenheu	401,00	3606,00	293,00	700,00	5000,0	—	—

Digitized by Google

Die auffallendste Erscheinung, welche uns die bestimmten Wägungen §. 245.
von Bousſingault darbieten, ist die, daß der Ertrag der Körnerfrüchte im vierten Jahr der Düngung nach dem Klee nicht vermindert, sondern nicht unbeträchtlich vermehrt ist. Damit stimmen die hohen Waizenerträge nach vierjährigen Luzernebau bei Crud vollkommen überein. Nicht minder bedeutend sind die Waizenernten nach gedüngter Brache. Merkwürdiger Weise ist aber unter allen Culturpflanzen nach der oben, S. 354, mitgetheilten Tabelle keine, welche in jeder Beziehung dem Boden so viel entzieht, als gerade der Klee (und die Luzerne), so daß derselbe, weit entfernt, den Namen einer boden-schonenden Frucht zu verdienen, vielmehr als die aller angreifendste angesehen werden müßte, und wenn es sich bloß um die aus dem Boden aufgenommenen Nahrungsstoffe handelte, offenbar als eine höchst gefährliche Culturpflanze gelten müßte. Es trifft die Erschöpfung des Bodens durch den Klee keineswegs nur irgend einen einzelnen Bestandtheil. Die Kleeernte nimmt in gleicher Weise eine größere Menge von organischen und unorganischen Bestandtheilen weg, und von allen einzelnen unorganischen Bestandtheilen verbraucht der Klee mit wenigen Ausnahmen die größten Mengen. So haben nur Gerste, Mais und Raps einen größeren Gehalt an Phosphorsäure, einige Pflanzen enthalten mehr Schwefelsäure und die Cerealien überhaupt mehr Kieselerde als der Klee. Gerade der Waizen, den man am häufigsten auf dem Klee folgen läßt, enthält von allen Stoffen weniger als der Klee und hat nur einen größern Gehalt an Kieselerde. Bei dem großen Ueberfluß der Kieselerde auf unserm gedüngten Boden wird wohl Niemand geneigt sein, von ihr die vortheilhafte Wirkung des Kleebaues als von der Hauptsache abzuleiten.

Alle Erklärungen der Vortheilhaftigkeit der Wechselwirthschaft im Ganzen, die von dem Verhältniß der unorganischen Stoffe hergenommen sind, entbehren also jeden Grundes. Betrachten wir aber die Rückstände und den Zustand, in welchem der Klee den Boden zurückläßt, so können wir nicht einen Augenblick im Zweifel sein, daß hier die Vermehrung des Humus das eigentlich entscheidende Verhältniß ist. Die oben gegebene Tabelle Nr. 9, der den Boden verbleibenden Ernterückstände, ist in dieser Beziehung insofern höchst mangelhaft, als die nach dem letzten Kleehieb aus dem Boden zu gewinnenden Stoppeln und Wurzeln jedenfalls nur einen Theil und höchst wahrscheinlich nur den geringsten Theil der organischen Substanzen darstellen, welche durch den Klee dem Boden einverleibt werden. Wenn man auf die Vegetation eines Kleefeldes achtet, so sieht man, daß fast ununterbrochen Blätter und Zweige welken, absterben und dem Boden zufallen, welcher während des Kleewuchses im Ganzen vielleicht das Doppelte und Dreifache von dem producirt, was wir mit der Kleeernte fortnehmen. Leider fehlt es uns auch hier an zweckmäßigen Analysen, aber

Digitized by Google

es bedarf deren auch kaum, indem meistens schon ein Blick genügt, um uns von der Bereicherung des Bodens an Humus nach der Kleeernte zu überzeugen.

Gerade der Waizen ist nun, wie alle Cerealien und Gräser, eine Pflanze, welche ohne Humus vortrefflich gedeiht, wenn durch Bewässerung die nöthige Feuchtigkeit zugeführt wird, wo aber dies nicht möglich ist, entweder eines sehr günstigen Thonbodens, oder eines sehr humusreichen Bodens bedarf. Alle Gräser und Cerealien sind nämlich wegen ihres dürren hohlen Stengels und ihrer dünnen schmalen Blätter unfähig, auf einmal eine große Menge von Feuchtigkeit in sich aufzunehmen und so gleichsam für die Zeit der Dürre vorzuarbeiten, wie dies die saftigen und blattreichen Pflanzen vermögen. Deshalb muß den Cerealien und Gräsern eine gewisse Menge von Feuchtigkeit ununterbrochen zu Gebote stehen, welche ihnen nur durch Bewässerung oder mittelst Absorption aus der Atmosphäre durch Thon oder Humus zugeführt werden kann.

Es versteht sich von selbst, daß Alles, was hier vom Waizen gesagt worden ist, eben so sehr vom Roggen gilt in den Gegenden, wo Roggen das Hauptbrotkorn ist.

§. 246. Somit kann auch bei der Wechselwirthschaft über die Art und Weise, wie die Vermehrung des Humus durch den Kleebau vortheilhaft für die folgenden Culturen wirkt, nicht wohl ein Zweifel obwalten.

Zweierlei ist es aber, was wir bei der Wechselwirthschaft wesentlich zu unterscheiden haben. Einmal die Wechselwirthschaft als Ganzes, als wie Culturmethode, bei welcher an die Stelle der Brache der Kleebau getreten ist. Hierdurch wird ein reichlicher Ertrag der Cerealien möglich gemacht. Die Nothwendigkeit, den größern Strohgewinn verwerthen zu müssen, führt dann aber auch zu einem vermehrten Anbau der Hackfrüchte, und somit kommt, ganz abgesehen von den Handelspflanzen, eine größere Reihe von Culturpflanzen in Frage. Daraus entwickelt sich aber auch der andere Gesichtspunkt, nämlich die Frage nach der Fruchtfolge oder der Ordnung, in welcher die einzelnen Pflanzen gebaut werden sollen. Der erste Punkt scheint uns nun durch die gegebene Erörterung völlig erledigt, und wenn wir nur die Hauptpunkte ins Auge fassen, so ergiebt sich uns folgende Geschichte des Fortschritts in der Landwirthschaft.

Der Mensch vereinigt die zerstreuten Exemplare der Nahrungspflanzen der bequemern Ernte wegen auf einem größern Areal. Hieraus entsteht die Nothwendigkeit der Bodenbearbeitung, welche den zu einer üppigen Entwickelung der Pflanzen unentbehrlichen Humus zerstört. Der abnehmende Ertrag der Ernten zwingt den Menschen den Boden zu verlassen, bis die natürliche Benarbung den Humusreichthum des Bodens wieder hergestellt hat. So entsteht die Brache, die bei vermehrter Bevölkerung

Digitized by Google

gesteigerten Ansprüche an den Boden führen zu mancherlei Versuchen, auch dem Brachlande einen Ertrag abzugewinnen, ohne der vortheilhaften Wirkung der Brache dadurch Eintrag zu thun, und hier wird der Kleebau das Entscheidende, welcher eine ununterbrochene Benutzung des Bodens möglich macht. Indem die längere Zeit unterbleibende Bearbeitung des Bodens, die dichte Bedeckung desselben durch das reiche Laub und die Einverleibung der absterbenden Blätter, der Wurzeln und Stoppeln den Boden selbst in größerem Maaße mit Humus bereichern, als durch die erst allmälig und anfänglich dürftig sich entwickelnden Unkräuter des Brachlandes geschehen könnte, wird die Wechselwirthschaft mit Kleebau die höchste Stufe der Landwirthschaft.

§. 247. So einfach diese Verhältnisse sich entwickeln lassen, so unendlich schwierig und zur Zeit noch unmöglich ist es aber, die Grundsätze für die Fruchtfolge vollständig zu entwickeln. Es sind eine so große Menge von Verhältnissen, ja man kann wohl sagen alle Lebensbedingungen der Pflanze, welche hier in Frage kommen, es fehlt hier bei unendlichem Gerede über die zweckmäßigsten Fruchtfolgen so ganz an sicher gewonnenen und redlich mitgetheilten Thatsachen der Erfahrung, daß es zur Zeit wenigstens unmöglich ist, hier mehr als bloße Andeutungen zu geben. Die unglückselige Frage nach dem Reinertrag hat hier, wie in den meisten Fällen, den beobachtenden Blick getrübt und die angeblichen Erfahrungen verfälscht.

So geneigt wir auch unserer ganzen Ansicht vom Leben der Pflanze nach wären, die Bedeutung der Fruchtfolgen von dem Verhältniß der unorganischen Stoffe abhängig zu machen, so wagen wir doch nicht, den Versuch zur Durchführung einer solchen Lehre zu geben, indem wir uns der Unzulänglichkeit der Grundlagen bewußt sind, und wir, belehrt durch die eigenthümlichen, bisher ziemlich übersehenen Verhältnisse beim Kleebau, wenigstens die Möglichkeit voraussehen, daß das Gedeihen einer folgenden Pflanze einmal mit größerem Rechte von dem Zustande der physikalischen Eigenschaften des Bodens, der durch den Anbau der vorhergehenden Pflanze herbeigeführt ist, abgeleitet werden möchte, als von dem Verhältniß der unorganischen Stoffe zweier sich hinter einander folgender Pflanzen. Man wird es uns hoffentlich Dank wissen, daß wir in dem Folgenden lieber zu wenig, als zu viel sagen.

§. 248. Zwei Fragen treten uns hier auseinander: 1) mit welcher Culturpflanze sollen wir die Fruchtfolge beginnen, oder zu welcher Pflanze soll gedüngt werden? und 2) in welcher Ordnung sollen die folgenden Pflanzen gebaut werden? Für alle die Verhältnisse, die den physikalischen Zustand des Bodens betreffen, seine Absorptionsfähigkeit für Gas und Wasser ausgenommen, können wir hier nichts sagen, als was jeder Landmann, der auch nur kurze Zeit in der Praxis gewesen ist, von selbst weiß.

Digitized by Google

Alle solche Verhältnisse, wie die Lockerheit und Bündigkeit des Bodens, die sich zur Zeit noch nicht auf Zahlen, auf Maaß und Gewicht zurückführen lassen, sind auch durchaus keiner wissenschaftlichen Behandlung fähig und müssen daher dem praktischen Blicke überlassen bleiben. Für die wesentlich durch den Humusgehalt bedingten, absorbirenden Eigenschaften des Bodens können wir, da wir die Wichtigkeit des Humus und seine richtige Bedeutung erwiesen zu haben glauben, nur die Regel aufstellen, daß man nie zwei Hackfrüchte und nie zwei Halmfrüchte auf einander folgen lassen dürfe, da erstere wegen der nothwendigen häufigeren Bearbeitung, und weil sie durchaus keine Rückstände in dem Boden zurücklassen, beide durch die mangelhafte Bedeckung desselben, die letztere endlich wegen der jedenfalls geringen Rückstände den Humusgehalt des Bodens bedeutend verringern, daß man also regelmäßig mit Halm- und Blattpflanzen, mit Hackfrüchten und solchen, bei denen der Boden unangetastet bleibt, abwechseln müsse. Damit haben wir aber nicht mehr und nicht weniger ausgesprochen, als was die Erfahrung selbst längst an die Hand gegeben hatte. Eine ausführlichere Erörtung dieser Verhältnisse erscheint also überflüssig.

§. 249. Wenn die unorganischen Substanzen nun auch nicht das allein Bestimmende beim Fruchtwechsel, ja in manchen Fällen vielleicht nicht einmal das Wichtigere sind, so sind sie doch in manchen Fällen von unzweifelhaftem Einfluß und verdienen jedenfalls unserer Beachtung.

Es bleibt uns hier also jedenfalls nichts übrig, als einige Erörterungen über die Bedeutung der unorganischen Substanzen für die Wechselwirthschaft und Fruchtfolge zu versuchen.

Eine der wichtigsten Fragen wird immer die sein, mit welcher Pflanze die Fruchtfolge begonnen werden soll. Wir haben früher entwickelt, daß es nicht allein darauf ankommt, daß die unorganischen Substanzen überhaupt vorhanden seien, sondern auch wesentlich darauf, daß die einzelnen Bestandtheile im richtigen Verhältniß mit einander gemischt sind. Wenn wir darnach den Anfang der Fruchtfolge beurtheilen wollen, so zeigt sich uns, daß man fast keine verkehrtere Wahl treffen kann, als die Kartoffel, und sind die organischen Substanzen, wie wir fest überzeugt sind, wirklich von so wesentlichem Einfluß auf die Vegetation der Pflanzen, so darf es uns nicht Wunder nehmen, daß die Kartoffeln, welche nunmehr fast seit einem Jahrhundert der Mehrzahl nach im frischen Dünger gebaut sind, jetzt die Folgen dieser Verkehrtheit in den traurigen Verwüstungen der Kartoffelkrankheit offenbaren. Wir verweisen indessen die ausführlichere Betrachtung dieses Gegenstandes in einem besonderen Anhange, welche den Krankheiten unserer Culturpflanzen im Allgemeinen und im Besondern der Kartoffelkrankheit gewidmet sein soll.

Der Grundsatz, nach welchen hier sowohl die erste Frucht ausgewählt,

Digitized by Google

als auch die Fruchtfolge bestimmt werden sollte, ist aus der Vergleichung der Verhältnisse der unorganischen Bestandtheile des Düngers mit den Aschenbestandtheilen der Culturpflanzen herzuleiten, so daß für den Anfang jedesmal diejenige Frucht ausgewählt wird, in der das Verhältniß der wichtigsten Aschenbestandtheile jedesmal dem Verhältnisse der wichtigsten unorganischen Bestandtheile des Düngers am meisten entspricht. Bei der folgenden Frucht wird dann der Aschengehalt der Ernte von dem Gehalte des Düngers abgezogen, das Verhältniß im Rest abermals bestimmt, und danach die zweite Pflanze des Umlaufs gewählt und so fort, bis die Aschenbestandtheile des aufgebrachten Düngers vollständig erschöpft sind. Vergleichen wir den Gehalt der gewöhnlich vorkommenden Düngemittel und namentlich des Stallmistes mit unseren Culturpflanzen, so finden wir, daß Kartoffeln und Waizen die Pflanzen sind, welchen der frische Dünger in dieser Beziehung am wenigsten anpassend ist. Gerade Waizen und Kartoffeln sind aber auch die Culturpflanzen, welche den meisten und gefährlichsten Krankheiten unterworfen sind. Setzen wir dagegen die Vergleichung fort und berücksichtigen insbesondere das Verhältniß der einflußreichsten Bestandtheile, nämlich der phosphorsauren Kalk- und Talkerde gegen die schwefelsauren und salzsauren Alkalien, so erhalten wir das Resultat, daß von allen Pflanzen der Roggen am besten den Anfang macht. Auch stimmen damit die Ansichten wenigstens sehr vieler Landwirthe überein, welche behaupten, daß Roggen von allen Früchten am besten den frischen Dünger vertrage.

§. 250. Es liegt sehr nahe, die Fruchtfolge auch ferner nach demselben Grundsatze zu bestimmen, indem man einfach die Aschenbestandtheile der zuerst gewonnenen Culturpflanze von den unorganischen Bestandtheilen des Düngers abzieht und nun die Pflanze folgen läßt, welche dem Verhältniß im Rest am besten entspricht, und damit so lange fortfährt, bis der Dünger erschöpft ist. Da wir aber selbst der Meinung sind, daß beim Fruchtwechsel Veränderungen, welche durch den Anbau einer besonderen Culturpflanze in den physikalischen Verhältnissen des Bodens hervorgerufen werden, mindestens von eben der Wichtigkeit sind, als das Verhältniß der unorganischen Bestandtheile, so wird die Auswahl außerordentlich beschränkt, und es kommt fast nur auf die Vergleichung der Halmfrüchte und der Hackfrüchte unter sich an. Nur Bohnen, Erbsen und Wicken und vielleicht auch die Oelsaaten würden hier eine größere Freiheit der Bewegung gestatten. Für die hier anzustellende Vergleichung geben wir noch folgende Tabelle, in welcher die Pflanzen nach den Mengen der einzelnen unorganischen Bestandtheile geordnet sind, welche sie in der ganzen Ernte in Anspruch nehmen.

Digitized by Google

Die wichtigeren Culturpflanzen, geordnet nach den Mengen der einzelnen

Pflanzen	Sauerstoff der Alkalien Kilogr.	Pflanzen	Sauerstoff der alkalischen Erden Kilogr.	Pflanzen	Phosphorsäure Kilogr.	Pflanzen
Hanf . . .	1,794	Roggen . .	4,477	Hanf . . .	5,67	Hanf . . .
Buchwaiz.	3,331	Waizen . .	5,404	Taback . .	10,92	Mais . . .
Roggen . .	4,117	Hafer . . .	6,724	Hafer . . .	12,20	Linsen . . .
Linsen . . .	4,644	Feldbohnen	11,599	Hirse . . .	15,01	Wicken . .
Waizen . .	6,283	Gerste . . .	12,293	Roggen . .	15,22	Buchwaiz.
Hirse . . .	6,421	Flachs . .	12,571	Heu	16,07	Roggen . .
Erbsen . .	6,546	Mais . . .	14,275	Flachs . . .	17,66	Taback . .
Flachs . .	6,968	Hirse . . .	14,860	Wicken . .	18,70	Feldbohnen
Hafer . . .	7,479	Hanf . . .	15,620	Waizen . .	20,31	Flachs . .
Feldbohnen	7,709	Buchwaiz.	15,964	Runkeln . .	21,33	Runkeln .
Wicken . .	10,183	Runkeln . .	16,557	Erbsen . .	21,74	Erbsen . .
Taback . .	10,611	Wicken . .	18,846	Buchwaiz.	22,29	Heu . . . .
Heu	11,015	Linsen . . .	19,378	Linsen . . .	25,17	Klee . . .
Raps . . .	11,602	Kartoffeln	19,860	Weiße Rüben . . .	34,28	Kartoffeln
Gerste . . .	13,352	Erbsen . .	21,439			Hafer . . .
Kartoffeln	17,729	Raps . . .	21,868	Kartoffeln	34,35	Waizen . .
Mais . . .	22,206	Weiße Rüben . . .	22,426	Feldbohnen	34,92	Hirse . . .
Weiße Rüben	23,950	Heu	23,463	Klee	36,28	Gerste . .
Runkeln . .	29,896	Taback . .	37,759	Gerste . . .	38,47	Raps . . .
Klee	57,248	Klee	63,780	Raps . . .	50,40	Weiße Rüben . . .
				Mais . . .	58,68	
Mittel . . .	13,254	—	18,958	—	25,48	—
Abweichung vom Mittel	— 86,5% bis +231,9%	—	— 76,5% bis +239,1%	—	— 77,7% bis +130,3%	—

Digitized by Google

..norganischen Stoffe, welche sie dem Boden für 1 Hectare entziehen:

Schwefelsäure Kilogr.	Pflanzen	Kieselerde Kilogr.	Pflanzen	Chloralkalien Kilogr.	Pflanzen	Aschenmenge Kilogr.
1,38	Buchwaiz.	3,01	Roggen . .	0,73	Hanf . . .	80,51
1,64	Raps . . .	3,51	Feldbohnen	1,18	Buchwaiz.	95,14
4,29	Feldbohnen	7,82	Hanf . . .	1,62	Roggen . .	118,49
4,36	Hanf . . .	8,91	Hafer . . .	3,09	Feldbohnen	142,00
5,05	Wicken . .	11,86	Buchwaiz.	3,13	Linsen . . .	146,96
7,70	Weiße Rü-		Hirse . . .	3,23	Wicken . .	159,50
10,37	ben. . . .	17,15	Wicken . .	4,07	Erbsen . .	174,16
11,71	Linsen . . .	20,62	Linsen . . .	4,73	Hafer . . .	183,50
13,00	Erbsen . .	22,46	Waizen . .	5,77	Flachs . . .	199,98
15,00	Runkeln . .	25,40	Mais . . .	8,00	Waizen . .	229,22
17,16	Taback . .	28,71	Erbsen . .	8,66	Hirse . . .	262,65
18,20	Klee	28,80	Flachs . . .	12,80	Taback . .	267,29
18,36	Kartoffeln	44,84	Heu	12,80	Mais . . .	269,53
18,52	Roggen . .	57,63	Kartoffeln	13,35	Kartoffeln	276,37
20,37	Mais . . .	63,39	Weiße Rü-		Heu	280,08
20,58	Flachs . . .	82,40	ben	15,08	Raps . . .	288,66
31,30	Hafer . . .	91,56	Taback . .	23,53	Runkeln . .	313,83
33,77	Heu	93,77	Gerste . . .	23,89	Weiße Rü-	
46,07	Waizen . .	129,35	Klee	34,56	ben	329,73
	Hirse . . .	132,58	Runkeln . .	34,87	Gerste . . .	349,73
52,77	Gerste . . .	140,89	Raps . . .	55,47	Klee	587,43
17,58	—	50,74	—	13,37	—	237,68
— 92,2% / +200,1%	—	— 94,1% / +177,6%	—	— 94,6% / +314,8%	—	— 66,2% / +147,1%

Digitized by Google

Die Beendigung des ganzen Umlaufs ist jedesmal bedingt durch die Erschöpfung der unorganischen Bestandtheile des angewendeten Düngers, wie sich das sogleich zeigt, wenn man irgend einen Umlauf berechnet. Als Beispiel wählen wir hier den fünfjährigen Umlauf von Bouſſingault, welcher das Resultat liefert, daß die überschüssige Phosphorsäure noch für eine mäßige Ernte hinreichen würde. Die ungefähren Angaben deutscher Landwirthe geben ähnliche Resultate.

Fünfjähriger Umlauf auf einem Hectare (zu 4 hess. Morgen à 40,000 □Fuß.)	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kalk und Talk	Kali und Natron	Kieselerde	Eisen und Thonerde
	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund
21720 Pfund trockener Dünger . . .	209,52	132,25	42,76	853,06	545,19	4774,15	427,60
Erstes Jahr Kartoffeln	29,71	18,81	7,05	19,02	135,76	14,75	39,76
Zweites » Waizen incl. Stroh	40,40	4,91	2,56	67,56	57,08	283,07	4,27
Drittes » Kleeheu	41,69	16,46	17,31	204,82	179,80	35,06	1,92
Viertes » Waizen incl. Stroh	40,40	4,91	2,56	67,56	57,08	283,07	4,27
Stoppelrüben	7,05	12,61	3,42	17,53	44,04	7,48	1,46
Fünftes » Hafer incl. Stroh	17,74	6,82	7,05	25,86	52,16	104,54	4,27
Summe	177,02	64,35	39,98	406,64	525,98	727,98	56,01
Ueberschuß im Dünger . .	32,50	68,20	2,78	446,42	19,21	4047,17	371,59
Dazu 10690 Pfd. Torfasche .		577,26	32,07	705,54	245,07	7001,95	395,53

Digitized by Google

Bouſſingault beſtimmt den Waſſergehalt des Stallmiſtes zu 79,4, Schweizer zu 75,0. Schweizer düngt, je nachdem man 75 oder 79,4 Waſſergehalt annimmt, um die Hälfte oder ¼ ſtärker, aber ohne Torfaſche. Block giebt für 4 Morgen jährlich 4675 Pfund trockenen Dünger, Bouſſingault dagegen 5247 Pfund. Block giebt aber die Waizenernte nun zu 610 Pfund Körner im zweiten Jahre an, während Bouſſingault 718 Pfund erhält; Block im vierten Jahre zu 500 Pfund Körner, während Bouſſingault 886,7 Pfund erhält, und daneben noch 5104,5 Pfund Stoppelrüben u. ſ. w. Kurz, der Betrag der Ernte iſt bei Bouſſingault bedeutend höher, was offenbar nur auf Rechnung der beſſeren Düngung (mit Torfaſche) geſetzt werden kann.

Die nach vollendetem Umlauf im Boden noch zurückbleibenden wichtigern Aſchenbeſtandtheile, der Ueberſchuß des Düngers über ſämmtliche Ernten iſt nun das, was man allein unter »alter Bodenkraft« verſtehen kann, wenn man einen beſtimmten Sinn mit dem Worte verbinden will. Daß die organiſchen Beſtandtheile des Düngers nur zum kleinſten Theile der organiſchen Subſtanz der Ernte entſprechen, daß hier alſo von keinem Ueberſchuß die Rede ſein kann, verſteht ſich nach allen Angaben von ſelbſt.

Zum Schluß unſerer Erörterungen wollen wir noch einmal auf das Haupterforderniß aufmerkſam machen, wodurch allein die Landwirthſchaftswiſſenſchaft zu einem gedeihlichen Fortſchritt gelangen kann, es iſt dasjenige, wodurch Lavoiſier die Chemie aus den Träumereien der Goldmacher zur exacten Wiſſenſchaft erhob, wodurch überhaupt alle unſere Naturkenntniſſe allein in den Kreis der Wiſſenſchaften eingeführt werden. Genaues Meſſen und Wägen iſt zunächſt das Einzige, was gethan werden kann, um für eine zukünftige Wiſſenſchaft einen Grund zu legen. — Wenn auf einer Muſterwirthſchaft nur 10 Jahre lang der gewöhnliche hergebrachte Betrieb in jeder Beziehung genau mit Maaß und Gewicht verfolgt, damit gründliche und ehrlich geführte meteorologiſche Tagebücher und die durch die zahlreich vorhanden chemiſchen Laboratorien leicht zu beſchaffenden chemiſchen Analyſen verbunden würden, ſo wäre dadurch der Landwirthſchaftwiſſenſchaft ein ſicherer Grund gegeben, als durch alle landwirthſchaftlichen Anſtalten und Verſuche ohne Zweck und ohne Grundlage zuſammengenommen bisher gegeben worden iſt.

»Maaß und Gewicht iſt der Anfang aller Wiſſenſchaft.«

Digitized by

Erster Anhang.

Thaer oder Liebig?

Versuch einer wissenschaftlichen Prüfung der Ackerbautheorie des Freiherrn von Liebig, besonders dessen Mineraldünger betreffend, nebst Erörterung über Erfahrungswissenschaft und bloß speculative Theorie; insbesondere über falsche Anwendung der Chemie in der Land- und Forstwirthschaft. Von Friedrich G. Schulze. Jena, 1846.

Der Verfasser hat sich eine doppelte Aufgabe gestellt, einmal gegen falsche Methodik in den Naturwissenschaften zu kämpfen, und zweitens, die sogenannten Liebig'schen auf Ackerbau bezüglichen Ansichten als unrichtig darzustellen. Das erste wird von dem Verfasser recht eigentlich als seine Herzensangelegenheit bezeichnet und ich bin über die Wichtigkeit des Gegenstandes vollkommen mit ihm einverstanden, ich muß aber behaupten, daß er demselben durchaus nicht gewachsen ist. So richtig die aus Kant'schen und Fries'schen Werken entlehnten Sätze an sich sind, so unrichtig ist die Anwendung, welche er davon macht, und gerade diese Anwendung auf die Wirklichkeit ist doch bei allen philosophischen Principien das allein Bedeutsame und Entscheidende. Ich glaube berechtigt zu sein, in dieser Angelegenheit meine Stimme, wenn auch ohne sie für eine entscheidende zu halten, abzugeben, da die Anwendung und Durchführung der Kant-Fries'schen Philosophie in den Naturwissenschaften, insbesondere in der Botanik, die Hauptaufgabe meines Lebens geworden ist und ich aus den häufigen Unterredungen mit unserm Lehrer »Fries« die Ueberzeugung habe schöpfen dürfen, daß es mir dabei gelungen sei, in seinem Geiste und in seinem Sinne vorzuschreiten.

Digitized by Google

Schon der Titel der vorliegenden Schrift zeigt, daß es leichter ist, Principien aufzufassen, als anzuwenden. Was soll hier die Frage: Thaer oder Liebig? Handelt es sich um ihre Persönlichkeiten? Nein! Handelt es sich um wissenschaftliche Systeme, welche diesen beiden Männern ihren Ursprung verdanken? Nur wer mit der Geschichte der Wissenschaften ganz unbekannt wäre, könnte mit Ja antworten. Der Titel ist also ganz ungerechtfertigt, hat aber gleichwohl eine große Bedeutung. Es ist das Wahrzeichen des Hauptfehlers in der Methodik, von denen das ganze Buch ein fortlaufendes Beispiel ist. Der Fehler nämlich, daß man statt von den Sachen und den Gründen, vielmehr von den Meinungen der Menschen über die Dinge redet und statt der Gründe Citate und Autoritäten anführt. Ob Thaer oder Liebig gewisse Ansichten über den Ackerbau ausgesprochen haben, macht dieselben nicht besser und nicht schlechter.

Es liegt in dieser Entgegensetzung aber noch ein anderer wesentlicher Fehler. Thaer lebte und schrieb vor einem halben Jahrhundert und zugegeben, er sei der begabteste Mensch seiner Zeit gewesen, so muß man doch mit der Natur der empirischen Wissenschaften und der Geschichte ihres Fortschrittes völlig unbekannt sein, wenn man sich nicht gleich sagt, daß eben deshalb nothwendig sich bei Thaer eine große Anzahl für unsere Zeit nicht mehr brauchbarer Ansichten und unrichtiger, jetzt besser bekannter Thatsachen vorfinden müssen.

Indem ich mich zum Buche selbst wende, muß ich mich darauf beschränken, die wichtigern, sachlichern Fragen hervorzuheben und zu erörtern. Den größern Theil des Buches, der aus Abschriften längst gedruckter und bekannter Werke und aus Polemik gegen einige vielleicht zu eifrige Jünger von Liebig, ja sogar gegen lobpreisende kaufmännische Anzeigen, besteht, muß ich gänzlich bei Seite liegen lassen.

Ich bleibe zuerst bei der Methode stehen, und hier hebe ich zuerst den Fehler hervor: die Landwirthschaft als eine eigene Wissenschaft hinzustellen und zwar deshalb, »weil die Landwirthe eine große Summe von naturwissenschaftlichen Kenntnissen besitzen, welche nicht in den Schriften der Naturforscher stehen.« Also der Inhalt der Schriften bedingt den Charakter der Wissenschaften? Weil die Landwirthe ihnen eigenthümliche naturwissenschaftliche Kenntnisse haben, ist die Landwirthschaft keine Naturwissenschaft? Eine größere Unklarheit und Verworrenheit der Begriffe ist kaum denkbar. Die eigentliche Landwirthschaft, Pflanzencultur, Viehzucht und landwirthschaftliche Gewerbe umfassend, ist und bleibt nichts anderes, als angewandte Naturwissenschaft, gerade wie die mit ihr auf gleicher Stufe stehende Heilkunst und die Kenntnisse, welche sich die Landwirthe bei sorgfältiger Beobachtung über Pflanzen, Thiere

Digitized by Google

und überhaupt über die Natur erwerben, sind und bleiben naturwissenschaftliche Kenntnisse, dieselben mögen in Büchern gesammelt sein oder nicht. Nichts ist gerade bei Fries vollendeter, als was er die Architektonik des menschlichen Geistes nennt, nämlich die Vertheilung der dem Menschen möglichen Kenntnisse unter bestimmte Klassen und Ordnungen, nach Wissenschaften und Disciplinen, und danach bleibt für das Wesen der Landwirthschaft durchaus keine Stelle übrig, als die der angewandten Naturwissenschaften. Da man nun nicht anwenden kann, was man nicht weiß, so sind gründliche naturwissenschaftliche Kenntnisse die erste und unerläßlichste Hauptbedingung für den Landwirth, wenn er auf den Namen eines wissenschaftlichen Landwirths Anspruch machen will.

Unter gründlichen naturwissenschaftlichen Kenntnissen verstehe ich hier immer nur die aus dem selbstthätigen Studium der einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen hervorgegangenen, nicht aber eine noch so umfassende Kenntniß der Literatur der Naturwissenschaften, und dies ist der zweite Hauptfehler in der Methodik des Verfassers, welcher dem Geist der Kant-Fries'schen Philosophie stracks zuwiderläuft, nämlich der Glaube, man könne Naturwissenschaften aus Büchern lernen, die Verwechselung der Dinge selbst mit den Meinungen der Menschen darüber, die Verwechselung der Wissenschaften mit den Büchern, welche in dem oben angeführten Beispiele von dem Verfasser sogar in der frappantsten Weise direct ausgesprochen ist. In dem ganzen Buche finde ich bei naturwissenschaftlichen Fragen kein Abwägen der Gründe, sondern ein Zusammenstellen von Citaten, und wo die Citate ihrer Form entkleidet sind und als Sachgründe erscheinen, zeigt sich der bei dieser falschen Methode unvermeidliche Erfolg des gänzlichen Mißverstehens oder äußerst mangelhafter naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Beispiele werden in Folgendem vorkommen.

Vollkommen bin ich mit dem Verfasser, oder vielmehr mit seiner Autorität »Fries« über die Verwerflichkeit des Dogmatismus in den Naturwissenschaften, und somit auch in der Landwirthschaft, einverstanden. Die Anwendung, die der Verfasser davon macht, erscheint mir aber äußerst seltsam. Er zeigt, daß in den Liebig'schen Schriften einige Fehler vorkommen, welche sich auch bei einigen anderen Schriftstellern finden, die zufällig Dogmatiker sind; Fehler, die übrigens mit dem Dogmatismus durchaus in keinem Zusammenhange stehen, so z. B. »das enorme Selbstvertrauen, die Paradoxen, die Widersprüche, die angebliche Ungerechtigkeit gegen Karl Sprengel u. s. w.«, und schließt daraus, daß Liebig ein Dogmatiker sei. Wohl selten ist Jemand mit wunderlicheren Mitteln zu einem wunderlicheren Schluß gelangt. Wenn einer, der Liebig's Schriften durchgelesen hat, demselben gänzlichen Mangel an innern Zu-

Digitized by Google

sammenhang, gänzlichen Mangel an System und völlige empirische Zerfahrenheit vorwürfe, so würde dies Urtheil zwar höchst ungerecht und übertrieben, aber doch noch in gewisser Weise bezeichnender für die Methode Liebig's sein — eines Mannes, der überall von einzelnen ganz einfachen Thatsachen der Erfahrung ausgeht, dieselben nach allen Seiten verfolgt, so weit er kann, oder wenigstens von ihr aus nach allen Seiten hin leuchtet, um zuzusehen, wie sich von diesem Standpunkte aus die Dinge ausnehmen, dann aber abbricht, und von einer andern empirischen Thatsache ausgehend, dieselbe Rundschau aufs Neue vornimmt. Gerade aus seinem gänzlichen Mangel an Dogmatismus erklären sich die allerdings nicht seltenen Widersprüche, die aber nur dem unbequem sind, dem es an den nöthigen naturwissenschaftlichen Kenntnissen gebricht, um sie auszugleichen.

Dagegen zieht sich durch die ganze Landwirthschaftslehre der entschiedenste Dogmatismus durch. »Humus ist das Hauptnahrungsmittel der Pflanzen,« das ist geradezu der Glaubensartikel, man möchte sagen, das beschworene Dogma, welches ohne alle empirische Prüfung angenommen und ausdrücklich oder stillschweigend allen landwirthschaftlichen Erörterungen zu Grunde gelegt wird. Möchte der Verfasser doch nur ein einziges bedeutendes landwirthschaftliches Lehrbuch nennen, welchem dieses Dogma nicht zu Grunde liegt; möchte er einen einzigen landwirthschaftlichen Schriftsteller anführen, der auch nur den Versuch gemacht hätte, dieses Dogma aus thatsächlichen und zureichenden Erfahrungen zu begründen. Nach der bekanntesten methodischen Regel fällt jeder Satz in der Wissenschaft von selbst weg, wenn ihm die zulängliche Begründung fehlt, ein Gegenbeweis darf in einem solchen Falle gar nicht verlangt werden. Gleichwohl ist dieser Gegenbeweis, der Beweis der völligen Unmöglichkeit, vollkommen sicher geführt. Nichts desto weniger halten die Landwirthe an diesem Satze fest, und das wäre kein Dogmatismus?

Endlich will ich bemerken, daß der Verfasser die Bedeutung Thaer's und seiner Methode für die Landwirthschaft völlig verkannt zu haben scheint. Was Thaer groß machte, war nicht die Mangelhaftigkeit der naturwissenschaftlichen Einzelheiten, welche er, wie er sie fand, seinem Zeitalter entlehnte, sondern gerade das, was ihn in unserer Zeit auf die Seite Liebig's und anderer Naturforscher geführt haben würde, daß er nämlich der im dunkeln Empirismus herumtappenden Landwirthschaft zuerst eine naturwissenschaftliche Grundlage gab und sie somit zum Range einer rationellen Kunst erhob.

So viel über die Methode, bei welcher gerade umgekehrt, wie der Verfasser meint, der Dogmatismus auf Seiten der Landwirthe, die Erfahrung auf Seiten Liebig's und der Naturforscher ist. Nun zur naturwissenschaftlichen Frage selbst.

Digitized by Google

Ich glaube im Grunde die Frage, um die es sich hier handelt, nämlich: »ob die Pflanze der Hauptsache nach und wesentlich ihren Kohlenstoff als Kohlensäure aufnehme und ob der Dünger der Hauptsache nach und wesentlich nur durch seine unorganischen Bestandtheile Nahrungsstoff für die Pflanze werde,« schon zur Genüge in meinem ganzen Buche erörtert zu haben. Ich kann hier mich daher auf einige beiläufige Bemerkungen beschränken.

Zunächst muß ich behaupten, daß der Verfasser, von Vorurtheil befangen, Liebig entschieden Unrecht thut. Das Vorurtheil liegt darin, daß Liebig, der so durchaus Empiriker und insbesondere chemischer Empiriker ist, nun einmal mit aller Gewalt zum Dogmatiker gestempelt werden soll. Daher wird ihm denn auch eine Theorie des Ackerbaues zugeschrieben, an die er nie gedacht hat. Liebig nannte sein Buch: »die Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Landwirthschaft.« Die ihm vorkommenden Fragen behandelte er mit gründlicher Einseitigkeit, eine Methode, wodurch allein, so lange die Welt steht, bedeutende Fortschritte in den Naturwissenschaften erlangt wurden, während die encyclopädische Oberflächlichkeit die Wissenschaften von je her nur verwirrt und verdorben hat. Liebig überließ es dabei denen, die nach ihrem naturwissenschaftlichen Standpunkt dazu berufen waren, durch Förderung der anderen einschlagenden Disciplinen das einseitig gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Die Aufgabe war, die von Liebig nicht berücksichtigten Thatsachen erneuter, gründlicher Prüfung zu unterwerfen, nicht aber ihm auf dem Felde entgegenzutreten, wo er doch immer die größte Macht in Kampf zu führen im Stande ist.

Liebig wird insbesondere von dem Verfasser darin Unrecht gethan, wo er dessen genial hingeworfene Sätze in logisch gegliederte Erörterungen umzusetzen versucht. Wo es sich um den logischen Zusammenhang eines Schriftstellers handelt, ist es nicht nur erlaubt, sondern auch nothwendig, seine Sätze in vollständige Schlußreihen aufzulösen; dazu gehört aber zweierlei, wenn man gerecht sein will. Einmal, daß man die Sätze nicht so behandelt, als wenn sie mit Bewußtsein ihrer logischen Bedeutung aufgestellt und gerade an diesen Platz gestellt würden. In einem solchen Falle wäre ja die logische Umordnung gar nicht nöthig gewesen.

Ein zweiter Punkt, und der bei weitem wichtigste, ist aber der, daß man dem materiellen Inhalt durch seine Kenntnisse gewachsen sei. Dieses letztere Erforderniß geht aber unserm Verfasser ganz und gar ab. Deshalb ist er auch unfähig, aus den einzelnen abgerissenen Liebig'schen Sätzen sich die Beweisführung richtig zusammenzustellen. Zu der Behauptung des Mangels der zu einem solchen Streit über naturwissenschaftlichen

Digitized by Google

Fragen unerläßlichen Kenntniſſe mögen die folgenden nur herausgegriffenen hauptſächlichern Beiſpiele den Beweis liefern.

Der erſte Hauptfehler, der aus der Unkenntniß des Verfaſſers im Gebiete der Naturkunde hervorgeht, iſt einer, der ſo oft ſchon gerügt iſt, daß der Verfaſſer ſchon aus den Streitſchriften über dieſe Angelegenheit ſich eines Beſſern hätte belehren können. Ich meine das Vorurtheil, als rühre die Hauptlehre, um die es ſich eigentlich handelt, von Liebig her und ſei etwas Neues. Der Kundige weiß, daß der Entdecker der Kohlenſäure, Prieſtley, auch ſogleich die Bedeutung derſelben für die Vegetation erkannte und in allen Beziehungen verfolgte, und daß ſeit jener Zeit, alſo ſeit 80 Jahren, dieſe Lehre von unzähligen Forſchern weiter ausgebreitet und begründet worden iſt. Wer freilich, nach altem philologiſchen Schlendrian, ein Buch nicht zu leſen verſteht, wenn es nicht zu zwei Dritteln aus Citaten und Anmerkungen beſteht und das hundertmal Geſagte zum hundert und erſten Male wiederkäut, der wird aus Liebig ſeinem Buche nicht viel lernen können, weil man dazu ſehr Vieles mit hinzubringen muß. Ich ſelbſt bin gegen Liebig's Schrift aufgetreten, aber keinesweges, wie ich ausdrücklich erklärte, gegen die darin enthaltenen Hauptlehren, ſondern gegen die Perſon Liebig's. Er hatte aus Unkenntniß die Achtung gegen eine Wiſſenſchaft aus den Augen geſetzt, welche achtungswerth daſteht, und ich, dieſer Wiſſenſchaft zugethan, fühlte mich berufen ſie zu vertheidigen. Ein gleiches Recht würde man den Landwirthen nie beſtreiten, nur möchten ſie ihre Sache ſchwer führen können, denn ein Landwirth ſelbſt wie es ſcheint ein Hr. J. v. K., hat die Mühe übernommen, die Belege für Liebig's Tadel der Landwirthſchaft als Wiſſenſchaft zu liefern. Seine Zuſammenſtellung aus den anerkannt beſten Büchern der Landwirthſchaft zeigt, wie princip- und haltungslos im Ganzen, wie unſicher ſchwankend und widerſprechend in jedem einzelnen Punkte die Landwirthſchaft als Wiſſenſchaft noch daſteht, wenn ich auch mit Vergnügen eingeſtehe, daß ich unter den Landwirthen als Praktikern äußerſt viele tüchtige und gebildete Männer kenne, ja ſelbſt manche, die nicht zu den Schriftſtellern, wenigſtens nicht zu den Bücherſchreibern gehören, als gründlich naturwiſſenſchaftlich Gebildete und ächt rationelle Landwirthe verehre. Nach meinen kleinen Erfahrungen ſind die letztern gerade diejenigen, die ſich durch auffallend glückliche und dauernde Erfolge vor vielen ihrer Nachbaren auszeichnen. Ueber die beſondern naturwiſſenſchaftlichen Fragen gebe ich noch folgende Beiſpiele.

Digitized by Google

1. Meteorologie.

Der Verfaſſer tadelt Liebig, daß er nur das Regenwaſſer, nicht aber Thau, Nebel, Schnee ſeinen Rechnungen zu Grunde gelegt habe. Aus jedem Handbuche der Meteorologie hätte der Verfaſſer lernen können, daß man unter der Bezeichnung der Regenmenge ſämmtliche atmoſphäriſche Niederſchläge begreift und nur der Kürze und Gleichförmigkeit wegen, da in den heißen Gegenden kein Schnee fällt, das einfache Wort »Regen« gebraucht.

Seite 94 heißt es: »Da jeder Menſch weiß, daß bei uns der Wind bald von Süden, bald von Norden, bald von Weſten, bald von Oſten kommt, ſo iſt es faſt unbegreiflich, wie Liebig behaupten kann, daß der Luftſtrom regelmäßig ſeinen Lauf vom Aequator nach den Polen nehme und dort angekommen zum Aequator zurückkehre. Nur durch das, was Liebig früher über die Macht der Einbildungskraft ſagt, wird es begreiflich, wie er ſo irren konnte. In der 5. Auflage hat Liebig dieſe Windtheorie weggelaſſen, wahrſcheinlich weil Herr Profeſſor Schleiden in ſeiner Kritik die Frage ſtellte: Soll man hier phyſikaliſche Unwiſſenheit oder ein ganz gedankenloſes Hinſchreiben als Urſache dieſes Monſtrum von Windtheorie annehmen.«

Es iſt faſt unbegreiflich, wie Jemand es wagen kann, über meteorologiſche Gegenſtände mitzuſprechen, für den offenbar die ganze Meteorologie ſeit ihrer Begründung durch A. v. Humboldt und ihre Entwickelung durch Dove ein ſo völlig unbekanntes Land iſt. Hätte ſich der Verfaſſer die Mühe genommen, meine Schrift mit einiger Aufmerkſamkeit zu leſen, ſo würde er gefunden haben, daß es mir nicht eingefallen iſt, mich durch einen Streit gegen die Exiſtenz des Aequitorial- und Polarſtromes lächerlich zu machen. Nur einen Flüchtigkeitsfehler rügte ich, indem Liebig dem Wortlaute nach den Polar- und Aequitorialſtrom von der Umdrehung der Erde ableitete, wobei ich noch vorausſetzte, daß Liebig die Sache in der That beſſer wiſſe. Aufmerkſames Leſen ſcheint aber nicht Sache des Verfaſſers, ſonſt würde er nicht behaupten, daß Liebig den Satz in der 5. Auflage weggelaſſen, wo er zwar auf Seite 24, aber dem Zuſammenhange nach, ganz an derſelben Stelle ſteht, wie in der vierten.

2. Chemie.

Seite 101 ſagt der Verfaſſer: »Darüber, wie weit die Baſen einander vertreten können, hat noch Niemand etwas Beſtimmtes anzugeben gewußt u. ſ. w.«

Darüber hätte den Verfasser jedes ABC-Buch der Chemie belehren können. Die Basen vertreten sich nach ihrer Analogie und ganz genau nach ihrer Sättigungscapacität.

Seite 171 heißt es: »Daß viele Bäume, z. B. Birke und Ahorn, reich an Stickstoff sein müssen, weil sie viel Zucker enthalten, den Liebig selbst zu den stickstoffreichsten Körpern rechnen soll.« Wo Liebig das thun soll, hat der Verfasser nicht gesagt, und es ist auch unbedingt unwahr, denn den Zucker zu den stickstoffreichen Körpern zu rechnen, dazu gehört eine wahrhaft unglaubliche chemische Unwissenheit.

3. Physik.

Seite 93 meint der Verfasser, daß die Kohlensäure der Luft den Culturpflanzen nichts nutzen könne, weil dieselben nur einige Fuß weit mit ihren Sauggefäßen in die Luft hineinragen. Jeder Physiker hätte dem Verfasser lehren können, daß alle Gasarten das Bestreben haben, sich gleichförmig zu mischen und daß, wenn die Pflanze ihrer nächsten Umgebung die Kohlensäure entzieht, sogleich aus der übrigen Atmosphäre neue Kohlensäure an ihre Stelle tritt, und so fort, bis sämmtliche Kohlensäure erschöpft ist.

Seite 112 heißt es: »Die Aufnahme der Flüssigkeiten durch die Wurzeln der Pflanzen erfolgt nicht nach den Gesetzen der Capillarität, sondern nach den Gesetzen der sogenannten Endosmose und zwar so, daß die Flüssigkeit beim Eintreten in die Zelle sogleich zersetzt werde.«

Abgesehen davon, daß die Endosmose von vielen Physikern allerdings unter die Erscheinungen der Capillarität gezählt wird, so ist es doch eine bekannte Thatsache, daß die Endosmose absolut gar keinen zersetzenden Einfluß auf die Flüssigkeiten ausübt.

4. Pflanzencultur.

Seite 112 sagt der Verfasser: »In einem Boden, worin alle unorganischen Substanzen sich befinden, wächst kein Getreide, kein Klee, kein Raps, wenn nicht Humus beigemengt ist.« Das könnte sein und würde für Einen, der Logik wirklich anwendet, doch nicht beweisen, daß der Humus Nahrungsmittel für die Pflanze ist; aber die Sache ist auch nur für den wahr, der von der Pflanzencultur nur Thüringen oder höchstens Deutschland kennt. Schon in Spanien, am Aetna, in Egypten und Arabien, mehr noch in Westindien, Mexico, Peru finden sich die üppigsten

Digitized by Google

Culturen auf völlig humusleerem Boden, sobald nur regelmäßig Wasser und mit demselben Kohlensäure und Ammoniak zugeführt wird..

Seite 148 sagt der Verfasser: »Die Wiesen dürfe Liebig nicht anführen, denn sie würden bewässert und dadurch den Pflanzen Kohlenstoff, Stickstoff ꝛc. zugeführt. Könnten wir unsere Felder nach Belieben mit Wasser versehen, so würde auch bei ihnen der Stalldünger weit entbehrlicher sein, als er jetzt ist.« Ich sage, er würde ganz entbehrlich sein, bei uns so gut wie da, wo man seit Jahrtausenden Cerealien ohne Dünger, mit bloßer Bewässerung, baut. Das Wasser und zumal das Quell- und Bachwasser, was hier hauptsächlich in Betracht kommt, erhält den Kohlenstoff und Stickstoff nur in Form von Kohlensäure und Ammoniak, und hätte der Verfasser diesen eigenen entscheidenden Satz logisch richtig an die Spitze gestellt, so würde er sich der Hauptsache nach sein ganzes Raisonnement erspart haben.

Ueber Gypsdüngung stellt der Verfasser Seite 58 eine seltsame Theorie auf: Er spricht von dem üppigen Gedeihen mancher Pflanzen auf schwefelhaltigem Boden. So viel ich weiß, ist er der Erste, der diese Bemerkung gemacht hat und wird auch wohl der Einzige bleiben. Wo die Versuche gemacht sein sollen, hat der Verfasser nicht angegeben. Der Gyps soll durch seinen Schwefelgehalt wirken. Warum wirkt er denn nicht auf die Cerealien, die in ihrem Kleber gerade so viel Schwefel enthalten, als die Hülsenfrüchte in ihrem Legumin? Warum braucht man 200 Pfund Gyps mit 90 Pfund Schwefel, um eine nur wenige Jahre dauernde Wirkung zu erzielen, während selbst ein ganzer Morgen mit Erbsen nur 2 Pfund Schwefel enthält? Dem Verfasser scheinen die ausführlichen Untersuchungen von Smith, Davy, Chaptal, Villele und besonders von Bouſſingault und Rigault de l'Isle gar nicht bekannt geworden zu sein, sonst würde er wissen, wie jede Theorie, welche die Wirkung des Gypses der Hauptsache nach von etwas anderem als dem Kalk ableitet, unhaltbar ist. Für die Behauptung Seite 59, daß Schwefelsäure den Gyps ersetzen könne, möchte der Verfasser den Beweis wohl schuldig bleiben. Es müßten denn solche Erfahrungen sein, wie die schon früher angeführten, bei denen Schwefelsäure, um sie zu fixiren, auf Braunkohlenasche gespritzt und womit dann gedüngt wurde. Versuche, die nichts beweisen, als die crasse chemische Unwissenheit ihrer Urheber.

5. Allgemeine naturwissenschaftliche Verhältnisse.

Die Methode, specielle leitende Grundsätze aus der Betrachtung der Natur im Großen abzuleiten, ist zuerst von A. v. Humboldt eingeführt

Digitized by Google

worden und hat sich überall glänzend bewährt. Sie setzt aber bei dem, der sie anwenden will, zweierlei voraus, einmal gründliche Specialkenntnisse und dann Geist und Umsicht. Unser Verfasser ist ziemlich unglücklich in der Behandlung dieser Verhältnisse; zuweilen bezeichnet er die Sachen als Hypothesen, wozu er freilich auch einzelne Erfahrungssätze rechnet, zuweilen wendet er sie ziemlich unpassend selbst an.

Seite 59 sucht er Liebig's Gedankengang in Bezug auf Gypsdüngung logisch zu construiren und sagt: »Liebig's Gedankengang ist folgender: In dem humusreichsten Boden kann die Entwickelung der Vegetabilien nicht gedacht werden ohne Hinzutreten von Stickstoff oder einer stickstoffhaltigen Materie (Haupthypothese).« Daß Liebig unter Humus hier nur den Humus im eigentlichsten Sinne des Wortes, nämlich stickstofffreie Substanzen versteht, ist für Jeden klar, der ihn nicht absichtlich mißverstehen will. Dann aber heißt der Satz nichts anderes, als: Da die Pflanzen Kohlenstoff und Stickstoff bedürfen, so können sie vom bloßen Kohlenstoff nicht leben. Es ist gar seltsam, einen solchen Satz als Haupthypothese bezeichnet zu sehen. Weiter: »Der Stickstoff in der Luft kann durch die gewaltsamsten chemischen Processe nicht befähigt werden, eine Verbindung mit irgend einem Elemente einzugehen, als mit dem Sauerstoff (erste Hülfshypothese).« Ich bin unfähig, zu errathen, was der Verfasser eigentlich unter Hypothese versteht. Hier liegt nur ein einfacher Erfahrungssatz vor, der in jedem Handbuche der Chemie zu finden ist. Ferner: »Die Entwickelung von stickstoffreichem Kleber in den Cerealien steht in gewisser Beziehung zu der Menge des in der Form von Ammoniak aufgenommenen Stickstoffs (zweite Hülfshypothese).« Der Satz sagt einfach: Die Pflanze kann nicht mehr Stickstoff enthalten, als sie aufgenommen hat, oder: in einen Beutel ist nicht mehr Geld, als man hineingethan hat. Eine seltsame Logik, die solche Sätze als Hypothesen bezeichnet. Thue ich im letztern Fall dem Verfasser Unrecht, so trägt er durch seine unklare Schreibart selbst die Schuld. Er könnte auch den versteckten Satz: »aller Stickstoff wird von den Pflanzen als Ammoniak aufgenommen,« mit der zweiten Hülfshypothese gemeint haben, das würde aber eine Ungerechtigkeit gegen Liebig sein; denn dieser Satz ist ein anderweitig vortrefflich inductorisch gerechtfertigter und auch von allen Urtheilsfähigen ziemlich allgemein angenommener Satz.

Seite 96 kommt der Verfasser auf die in den geführten Streitschriften längst erörterte und erledigte Behauptung Liebig's zurück: »daß gleiche Flächen Landes gleich viel Kohlenstoff produciren,« und beweist mit großer Gelehrsamkeit, daß dies nicht der Fall sei. Unfähig herauszufühlen, was Liebig eigentlich mit diesem Satze will, läßt er sich durch die bloßen Wörter zu einem schon von seinen Vorgängern begonnenen und längst

Digitized by Google

erledigten Mißverstand hinreißen. Liebig will einfach sagen, da ein Boden, welcher keinen kohlenstoffhaltigen Dünger erhält, mindestens eben so viel (hätte er die mexikanischen Maisculturen gekannt, würde er gesagt haben, oft noch mehr) Kohlenstoff liefert, als unser gedüngtes Culturland, so kann der Kohlenstoff der Pflanze nicht aus dem Kohlenstoff des Düngers stammen; ein Schluß, gegen den eben nicht viel einzuwenden ist.

Die etwas kindlich ausgedrückte Frage, ob die Pflanze vor dem Humus oder der Humus vor der Pflanze geschaffen sei, kann nur von dem mit der scherzhaften Frage: ist das Ei oder die Henne eher dagewesen, abgewiesen werden, der von der Geologie gar keine Kenntniß hat. Von der Entstehung specifischer organischer Keime auf der Erde wissen wir nichts, aber das wissen wir gewiß, daß die Erde einmal in dem Zustande war, wo keine verbrennliche und folglich keine organische Substanz und kein Humus auf ihr hätte bestehen können. Wir wissen gewiß, daß die Henne aus dem Ei entstehen, das Ei von der Henne gelegt werden könne; wir wissen gewiß, daß der Humus nichts ist, als der Rückstand halbzerstörter Pflanzen, also Pflanzen zu seiner Existenz nothwendig voraussetzt, es ist aber gerade die Frage, ob die Pflanzen auch Humus voraussetzen, und es ist ein großer logischer Fehler, das, was erst bewiesen werden soll, schon als bewiesen mit einzuschwärzen.

Seite 103 und 104 erörtert der Verfasser die Zuführung der unorganischen Bestandtheile zu unserm Culturboden durch Wasser und Staub. Er erinnert an den Gehalt des Quell-, Bach- und Flußwassers, der ungleich größer ist als der des Regenwassers. Woher stammt denn dieser Gehalt? Hätte der Verfasser verstanden, sich die Verhältnisse klar zu machen, so würde er wissen, daß eben die Quellen, Bäche und Flüsse den Mineralreichthum unserer Felder dem Meere zuführen und daß der Mehrgehalt des Flußwassers an solchen Stoffen gegen das Regenwasser genau den Verlust ausdrückt, den unsere Felder jährlich durch den Regen erleiden, daß also vom Gewinn hier gar nicht die Rede sein kann. Das zweite sehr unglückliche Raisonnement betrifft den Staub, dem der Verfasser eine bedeutende Bereicherung des Bodens zuschreibt. Wenn der Verfasser den Staub nicht etwa für kosmischen Ursprungs hält, so sehe ich nicht ein, wie er daraus eine Bereicherung des Bodens ableiten will. Er ziehe doch nur den seltsamen aber folgerechten Schluß aus seinem eigenen Raisonnement: wenn die Schicht des fallenden Staubes jährlich eine drittel Linie beträgt, so müßte ja die Erde auch nach den mäßigsten geologischen Zeitrechnungen längst ein ungeheurer Ball geworden sein. Die Sache ist aber einfach die: der Staub, der auf einen Morgen fällt, ist von einem andern Morgen weggeweht und wird vielleicht schon am nächsten Tage wieder einem dritten zugeführt. Im Ganzen gleicht sich dies völlig aus und die Aecker werden

Digitized by Google

durch den Staub nicht um einen Gran reicher oder ärmer. In untergeordneten Localverhältnissen mag die Sache allerdings zuweilen in Betracht kommen, und der Verfasser hätte in seiner nächsten Nähe dafür ein interessantes Beispiel finden können; die Extreme der Fruchtbarkeit in der Umgebung von Jena sind die äußerst üppige Saalaue und die äußerst dürftigen und armen Ränder des Plateaus, und zwar gerade deshalb, weil diesen alles Auflösliche durch den Regen, alles Bewegliche durch den Wind entzogen und jener zugeführt wird. Ja, die Analyse der verschiedenen Bodenarten von der Höhe an der Böschung herunter bis zur Thalsohle weist uns sogar sehr genau nach, daß es gerade die wichtigern Mineralbestandtheile sind, welche auf diese Weise von oben nach unten geführt das Plateau so unfruchtbar zurücklassen.

Das Angeführte, nur ein geringer Theil dessen, was ich hätte wählen können, wird vollkommen genügen, mein allgemeines Urtheil zu rechtfertigen.

Ehe ich aber schließe, muß ich noch einen andern Punkt berühren. Der Verfasser hat Liebig auch in sittlicher Beziehung angegriffen, indem er ihm namentlich einen großen Vorwurf daraus macht, daß er seine Mineraldünger zu einem Patentgeheimniß gemacht. Ich sehe darin so wenig eine Unsittlichkeit, wenn der Gelehrte seine geistige Thätigkeit pecuniär verwerthet, als ich es dem Landwirth verdenke, wenn er sein Korn nicht dem Hungrigen umsonst giebt. Ich finde aber darin eine Unsittlichkeit, wenn Jemand in einem wissenschaftlichen Streit den Eigennutz einer Menschenklasse aufstachelt und so die schlechten Leidenschaften derselben mit in den Kampf führt. Das thut aber scheinbar der Verfasser Seite 6 seiner Schrift und wiederholt sogar den Hauptgedanken noch einmal Seite 172. Er schildert mit einer freilich etwas starken Uebertreibung die Folgen, welche die Bewährung und Einführung des Liebig'schen Patent-Düngers haben müßte. Das Resultat wäre nach ihm ein wahres Utopien, in welchem bei allgemeinem Wohlstand und leichtem Lebensunterhalt nur die reichen Grundbesitzer aufhören würden, reich zu sein. Die ganze Darstellung kann scheinbar ihrer Stellung und den Worten nach keinen andern Zweck haben, als die Besitzenden gleich im Voraus und auch ohne Gründe gegen die Sache einzunehmen. Ich bin fest überzeugt, daß der Verfasser auch nicht im Entferntesten an das gedacht hat, was ich ihm hier paradoxer Weise Schuld gebe, ja, daß er selbst keine Ahnung davon gehabt hat, welche Deutung man seinen ganz unschuldig hingeworfenen Worten unterlegen könne, aber ich erwähne es, als ein schlagendes Beispiel dafür, wie gefährlich es sei, bei einem Schriftsteller nur mit dem Auge die Worte und nicht zugleich auch mit ganzer Seele seinen Geist zu lesen.

Digitized by Google

Zweiter Anhang.

Ueber die Krankheiten der Culturpflanzen, insbesondere die Kartoffelkrankheit.

Die allgemeinen Formen, so wie die einzelnen Merkmale, welche die wichtigeren die Kartoffelknollen befallenden Krankheiten uns zeigen, sind so außerordentlich mannichfaltig, daß man eine große Menge Kartoffeln untersucht haben muß, um sich die allgemein gültigen Hauptzüge eines Krankheitsbildes entwerfen zu können, welches von individuellen und localen Zügen ganz frei ist. Seit dem angeblich ersten Auftreten der Kartoffelkrankheit habe ich mich fortwährend mit derselben beschäftigt, alle Nachrichten darüber gesammelt und eine große Anzahl Knollen aus allen Gegenden Deutschlands sorgfältig untersucht, und habe keine Veranlassung gefunden, die von mir schon im Jahre 1845 gefaßten Ansichten zu verändern. Meine damalige Voraussage, daß die Kartoffelkrankheit nicht von temporären Einflüssen abhängig sei, daß sie sich nie ganz wieder verlieren werde, hat sich wenigstens bis jetzt in trauriger Weise bewährt. So halte ich mich auch einigermaßen gerechtfertigt, wenn ich hier öffentlich auch meine Stimme in einer so wichtigen Angelegenheit abgebe.

1) Allgemeine Bemerkungen über die Kartoffelkrankheiten.

Die folgenden Bemerkungen allgemeinerer Natur, welche sich auf die Zusammenstellung sämmtlicher mir zugängig gewesenen Nachrichten stützen, scheinen mir für die Beurtheilung des Wesens der Krankheit von großem Einfluß zu sein.

Zunächst muß ich das Vorurtheil beseitigen, als ob die Kartoffelkranheit

Digitized by Google

etwas im Anfang der vierziger Jahre neu Auftretendes gewesen sei. Diese Ansicht ist grundfalsch. Man weiß, wie langsam sich der Kartoffelbau in Europa und insbesondere auch in Deutschland ausbreitete. Schon aus den ersten Zeiten, in denen man anfing die Kartoffeln im Großen zu bauen, finden wir Nachrichten über das Ausarten und Erkranken der Kartoffeln. So wie die Cultur der Kartoffeln eine größere Ausbreitung gewann, wurden die Klagen über Krankheiten ernster und häufiger und wer sich mit der Literatur der Kartoffel genau bekannt machen will, wird finden, daß seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts nur wenige Jahre ganz frei gewesen zu sein scheinen, daß dagegen die Krankheiten ganz allmälig an Heftigkeit und Ausbreitung zugenommen haben. Erst seit 1840 erregte in einzelnen Ländern und seit 1845 in ganz Europa die Kartoffelkrankheit die Aufmerksamkeit und Besorgniß des großen Publikums. Seit 1840 haben die Krankheiten dieser Knolle sich überall, wo sie cultivirt wird, bald mehr bald weniger verheerend gezeigt, ungeachtet daß an einzelnen Orten und in einzelnen Jahren die allerverschiedenartigsten Witterungsverhältnisse stattgefunden haben.

Keine einzige Kartoffelsorte ist überall verschont geblieben, keine einzige ist überall von einer milderen Form der Krankheit befallen worden.

Keine einzige Bodenart hat überall vor den Eintritt der Krankheit geschützt, keine Bodenart hat durchgehends leichtere Krankheitsfälle bedingt. So z. B. sind mir gerade aus der Umgegend von Jena Fälle bekannt, daß die Kartoffeln in versumpften Moorboden ausgezeichnet schön geriethen, während sie in demselben Jahre und nahe dabei auf reinem Sandboden völlig zu Grunde gingen.

Keine Lage der Grundstücke hat gleichmäßig geschützt, bald sind in dieser, bald in jener Lage die Kartoffeln stärker von der Krankheit heimgesucht worden. Davon scheint nur ein Fall eine Ausnahme zu machen, welche nicht unwichtig ist, daß nämlich übereinstimmenden Nachrichten zu Folge, die sämmtlichen Küstenstriche der Nordsee, soweit der unmittelbare Einfluß der salzigen Meeresnebel reicht, von der Krankheit ganz oder zum größten Theil verschont geblieben sind.

Keine Culturmethode hat überall die Kartoffeln vor der Krankheit sicher gestellt oder auch nur überall ihre Heftigkeit mildern können, namentlich hat sich im Allgemeinen kein Unterschied gezeigt, mochten die Kartoffeln aus Samen, aus ganzen Kartoffeln, aus zerschnittenen Kartoffeln, oder ausgestochenen Augen gezogen sein. Ja vielfach sind sogar die aus Samen gezogenen Kartoffeln am allerheftigsten von der Krankheit befallen worden.

Ebenso sind die Kartoffeln ohne Unterschied erkrankt, in welcher Tracht dieselben beim Fruchtwechsel auch gebaut waren. Jedoch sehen wir die

Digitized by Google

Kartoffelkrankheiten da am spätesten und anfänglich am mildesten auftreten, wo die Kartoffeln, wie in Thüringen, wenigstens im Großen niemals in frischen Dünger gebaut wurden.

Die besonderen Erscheinungen der Kartoffelkrankheiten lassen sich in Folgendem zusammenfassen. Bei sorgfältiger Untersuchung findet man, daß die ersten Krankheitserscheinungen, in der Regel früher oder doch eben so früh als das Kraut erkrankt, in der Knolle auftreten. Unzweifelhaft ist es wenigstens, daß heftig erkrankte Kartoffeln bei vollkommen gesundem Kraute vorkommen. Die Ursache der Krankheit kann also nicht im Kraute liegen, und sich von hier auf die Knolle fortpflanzen.

An einem und demselben Stocke findet man nicht selten ganz gesunde Knollen neben ganz verdorbenen. Am Ende des Winters selbst findet man häufig ganz gesunde Kartoffeln in einem Haufen mitten zwischen ganz verfaulten. Ich schließe daraus, daß die Krankheit nicht durch Ansteckung übertragen wird.

2) Besondere Darstellung der Kartoffelkrankheit.

Die ersten Erscheinungen der Krankheit bestehen in bräunlich-mistfarbigen Flecken, welche sich von der gewöhnlich Oberhaut genannten dünnen Korkschicht der Kartoffel ins Innere hineinziehen und allmälig weiter ausbreiten. Untersucht man diese Stellen mit einem Mikroskop, so zeigt sich Folgendes. Die bei der gesunden Kartoffel bis zur Unsichtbarkeit klare und gleichförmige, stickstoffhaltige Auskleidung der Zelle wird zuerst als blaßgelbes Häutchen sichtbar. Bei weiterem Fortschreiten der Krankheit wird dieses Häutchen schwachkörnig, es treten dickere, netzförmig verbundene Fäden auf, in welchem häufig deutliche Circulation zu beobachten ist. Der Zellenkern tritt gleichzeitig scharf gezeichnet hervor. Allmälig wird die stickstoffhaltige Schicht dunkler, die Stärkemehlkörner werden aufgelöst und zwar ganz in derselben Weise wie bei der keimenden Kartoffel; kurz bis dahin sind die Erscheinungen ganz dieselben, die beim Keimen überhaupt stattfinden. Damit stimmt merkwürdig überein, daß die eingebrachten kranken Kartoffeln, wenn sie nicht gar zu rasch in Fäulniß übergehen, eine auffallende Geneigtheit zum Keimen zeigen, so daß sie oft schon nach 4 Wochen über und über mit kleinen, jungen Knollen bedeckt sind.

Bei weiterem Fortschritt füllen sich die lufterfüllten Intercellulargänge allmälig mit einer gelben Flüssigkeit. Dasselbe findet selbst in den Gefäßen Statt, sobald sie von der fortschreitenden Krankheit erreicht werden. In dieser Flüssigkeit finden sich nach und nach scharfgezeichnete kleine Körnchen ein. Erst viel später treten zuerst in den Intercellulargängen,

Digitized by

dann in den Zellen ſelbſt Pilzfäden auf. Die einzelnen Zellen trennen ſich von einander, ihre Wände werden dünner und verſchwinden zuletzt. Meiſt bleibt dann die Stärke von Pilzfäden umflochten liegen und trocknet zu einer harten weißen Subſtanz zuſammen, oder bei raſcher fortſchreitender Fäulniß wird auch die Stärke zerſtört, ſo daß oft von der ganzen Kartoffel nichts übrig bleibt, als ein dünnes mit etwas übelriechender Flüſſigkeit erfülltes Säckchen.

Die ſpäteren Krankheitserſcheinungen ſind indeſſen viel zu mannichfaltig, und ſelbſt bei den Kartoffeln ein und deſſelben Stockes ſo verſchieden, daß es zu weitläuftig wäre, hier näher darauf einzugehen. Auch erſcheint es um deswillen vollkommen überflüſſig, da der Anfang der Krankheit bei allen Formen derſelbe ſo eben geſchilderte iſt, und vollkommen genügt, um daraus das Weſen der Krankheit zu entwickeln. Nur das will ich hier noch beſtimmt hervorheben, daß alle Schmarotzer, ſeien es Pilze oder Thiere, niemals das Urſprüngliche ſind, ſondern ſich immer erſt ſpäter auf den ſchon erkrankten Pflanzen einfinden.

3) Ueber das chemiſche Verhalten der kranken Kartoffeln.

Zur Vollendung des Krankheitsbildes geben wir in Folgendem noch einige Bemerkungen über die chemiſchen Verhältniſſe bei der Krankheit.

Der Saft der geſunden Kartoffel reagirt ſchwach ſauer, die kranken Stellen zeigen zuweilen eine ſchwache alkaliſche Reaction. Bei zunehmender Krankheit tritt, ohne daß ein Grund für dieſe Verſchiedenheit aufzufinden wäre, bald eine entſchieden ſaure, bald eine eben ſo entſchiedene alkaliſche Reaktion auf und zwar ganz beſtimmt, ohne daß die letztere allein von Ammoniak bedingt wäre. Die ſehr übel riechenden Kartoffeln reagiren deutlich auf Ammoniak, wie ſich das bei der Zerſetzung ſtickſtoffreicher Subſtanzen von ſelbſt verſteht. Die Wände der erkrankten Zellen werden anfänglich durch Jod und Schwefelſäure blau, bei fortſchreitender Krankheit erſt grünlich blau, dann grün, dann grüngelb, und endlich ganz dunkel goldgelb oder braungelb gefärbt. Die ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen nehmen, je mehr die Krankheit entwickelt iſt, bei der Behandlung mit Jod auch eine um ſo dunklere Farbe an. Die ſtickſtoffhaltige Subſtanz ſcheint nach den Unterſuchungen von Liebig nicht mehr, oder doch nicht mehr hauptſächlich aus Eiweiß, ſondern aus Käſeſtoff zu beſtehen.

Die Stärkemehlkörner zeigen in allen einigermaßen heftig ergriffenen Kartoffeln, ſelbſt in den noch geſunden Zellen, eine Eigenthümlichkeit, welche ſie ſogleich von dem Stärkemehl der geſunden Kartoffel unterſcheidet. Sobald ſie nämlich trocken werden, bilden ſich in ihrem Innern eine Menge breiter Riſſe. Dies findet bei der geſunden Stärke nie Statt und

Digitized by Google

beweiſt, daß die Stärkekörner der kranken Kartoffeln viel waſſerhaltiger ſind, als die der geſunden.

Auch beim Kochen, zeigen die kranken Kartoffeln ein durchaus verſchiedenes Verhalten von den geſunden. Nach vierſtündigem Kochen waren ſie noch eben ſo hart, wie vorher, wurden ſie dann in Viertel geſchnitten und die Korkſchicht abgezogen, ſo blieben ſie bei abermaligem Kochen ebenfalls unverändert, während die geſunden Kartoffeln von demſelben Felde ſchon nach dreiſtündigem Kochen aufplatzten und auf die bekannte Weiſe ſich in die einzelnen Zellen trennten. Das Stärkemehl in den Zellen der gekochten kranken Kartoffeln war zwar auch zu gallertartigen Säckchen aufgequollen, aber dieſe lagen dennoch einzeln und unverbunden in der Zelle und füllten dieſelbe lange nicht aus.

Die Unterſuchungen der kranken Kartoffeln im Vergleich mit den geſunden, wie ſie von Payen, Schacht und Janßen, Petzholdt ꝛc. ausgeführt ſind, ergeben folgende weſentliche Abweichungen. Der Waſſer- und Aſchengehalt der kranken Kartoffeln iſt ſtets abſolut bedeutender, der Stärkemehlgehalt abſolut geringer, als in der geſunden Kartoffel. Der Eiweißgehalt der kranken Kartoffel iſt relativ bedeutender im Verhältniß ſowohl zum Stärkemehl allein, als auch zu ſämmtlichen ſtickſtofffreien Beſtandtheilen zuſammengenommen.

Freilich ſind die meiſten chemiſchen Analyſen der kranken Kartoffeln ſehr unbrauchbar und man ſieht denſelben ſogleich an, daß ſie gemacht ſind, ohne irgend zu wiſſen, was durch die Analyſe gewonnen, welche Frage durch ſie beantwortet werden ſollte. Eine der beſten und zuverläſſigſten iſt die von Janßen und Schacht, iſt aber wie alle ähnlichen Pflanzenanalyſen mangelhaft in Bezug anf die ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheile. Indeſſen behalten ſie relativ immer ihren Werth, wenn geſunde und kranke Kartoffeln nach der Methode analyſirt ſind.

Demnach verhält ſich das Eiweiß zur Stärke in den geſunden Kartoffeln wie 1 : 31,8, in den kranken wie 1 : 28,7; zu Stärke, Zellſtoff, Gummi und Zucker zuſammengenommen in der geſunden wie 1 : 25,8, in der kranken Kartoffel wie 1 : 36,6.

Merkwürdiger Weiſe enthält nach der angeführten, gerade in dieſer Beziehung ſehr ſorgfältigen Analyſe die kranke Kartoffel mehr Zellſtoff, als die geſunde, und wenn man in beiden den Zellſtoff = 1,00 ſetzt, ſo erhält man folgende Verhältniſſe, welche vielleicht annäherungsweiſe dem Verhältniß in der einzeln Zelle entſprechen.

Digitized by Google

	Gesunde Kartoffeln	kranke Kartoffeln.
Zellstoff	1,00	1,00
Stärke	10,66	5,15
Gummi	0,24	0,18
Zucker	0,10	0,16
Eiweiß	0,93	0,18
Fett	0,02	0,05
Wasser	37,25	22,85
Asche	?	0,25

In der gesunden Kartoffel verhält sich die Stärke zum Wasser wie 1 : 3,5, in der kranken wie 1 : 4,4.

Die besten Aschenanalysen sind bis jetzt von Petzholdt veröffentlicht. Danach enthielten

frisch in 1000 Theilen

	Wachskartoffeln		Speisekartoffeln	
	gesunde	kranke	gesunde	kranke
Wasser	761	778	753	760

bei 100° C. getrocknet in 1000 Theilen

Asche	37,64	40,88	45,15	48,19,

also frisch in 1000 Theilen

Asche	8,996	9,075	11,152	11,565.

Wichtiger als die absolute Aschenmenge werden hier die Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile der Asche zu einander. Diese geben nämlich, wenn man die Alkalien zu 1 setzt, folgende Verhältnisse:

	Wachskartoffeln				Speisekartoffeln			
	gesunde		kranke		gesunde		kranke	
Alkalien	1,0000	—	1,0000	—	1,0000	—	1,0000	
Kalk	0,0079	—	0,0152	—	0,0116	—	0,0350	
Magnesia	0,0593	—	0,0788	—	0,0722	—	0,1797	
Chlor	0,0594	—	0,0578	—	0,0531	—	0,0692	
Schwefelsäure	0,1010	—	0,0883	—	0,1073	—	0,0838	
Phosphorsäure	0,1977	—	0,2083	—	0,1979	—	0,2339	

Es ergiebt sich daraus ein auffallender Ueberschuß der phosphorsauren Kalk- und Talkerde gegen die schwefel- und salzsauren Alkalien.

4) Krankheiten der Culturpflanzen überhaupt.

Es ist hier nicht der Ort, sämmtliche einzelne Pflanzenkrankheiten abzuhandeln, sondern nur die allgemeinen Gesichtspunkte hervorzuheben,

Digitized by Google

welche aus einer physiologisch-chemischen Betrachtung des Wenigen, was wir überhaupt bis jetzt über Pflanzenkrankheiten wissen, ergiebt. Von den offenbar durch äußerliche Eingriffe hervorgerufenen Zerstörungen von Pflanzen und Pflanzentheilen will ich hier ganz absehen und nur die Veränderungen betrachten, welche auf einer inneren, nicht normalen Beschaffenheit beruhen.

Zunächst müssen wir hier zweierlei unterscheiden, nämlich die Krankheiten der wildwachsenden Pflanzen und die Krankheiten der Culturgewächse und solcher wilden Pflanzen, auf welche die Culturverhältnisse einen unzweifelhaften Einfluß haben, wie z. B. die Ackerunkräuter. Bei den ersteren ließe sich die Frage aufwerfen, ob überhaupt bei ihnen Krankheiten vorkommen und vorkommen können, wenn sie ganz und gar der Natur überlassen und jedem Einflusse des Menschen entzogen vegetiren. Die Beantwortung dieser Frage würde uns aber hier zu weit führen. Es ist unzweifelhafte Thatsache, daß an den scheinbar wilden Pflanzen Krankheiten vorkommen, wie denn z. B. die Fichtenwälder Tyrols im Jahre 1845 gar nicht selten vom Roste heimgesucht wurden. Die Ursachen solcher Krankheiten möchten aber vielleicht auch rein äußerlich und nur vorübergehend, und wohl höchst wahrscheinlich in der Witterungsconstitution der einzelnen Jahre begründet sein und daher im folgenden Jahre von selbst wieder verschwinden.

Bei den Pflanzen, welche wir cultiviren, ist es aber ganz anders. Oben habe ich entwickelt, wie fast alle unsere Culturpflanzen gar nicht mehr in ihrem natürlichen Zustande, sondern vom naturwissenschaftlichen Standpunkte angesehen schon an sich Abweichungen von ihrer normalen Bildung sind. Mit der unnatürlichen und übermäßigen Entwickelung einzelner Formenverhältnisse, einzelner Stoffe ist das natürliche Gleichgewicht in ihrer Bildung aufgehoben, sie bieten den äußeren schädlichen Einflüssen, welche zum Theil selbst in den Culturmethoden bestehen, eine größere Menge von Angriffspunkten dar. Dazu kommt noch, daß ein großer Theil unserer Feldfrüchte bei uns nicht in ihrem natürlichen Klima, sondern in einer ihnen fremden und ungünstigen Zone wachsen, daß also eine Menge von unvermeidlichen Krankheitsursachen auf sie einwirken *).

*) Diese Betrachtung führt denn freilich zu dem trostlosen Schluß, daß wir vielleicht niemals die Krankheiten unserer Culturpflanzen ganz auszurotten im Stande sein werden, und daß man gleich von vorn herein, sowie man bei uns z. B., auf das zehnte Korn rechnet, nicht auf das hundertste, wie etwa in Chile, sowie man in einigen Gegenden bei jedem größern Ueberschlag, den man macht, stets bestimmte Procente für die wahrscheinlichen Verwüstungen durch Hagelschlag abzieht, man auch besser thäte, statt dicke Bücher und selbst kleine Bibliotheken mit Abhandlungen über Wesen und Heil-

Digitized by Google

Es bedarf wohl kaum noch einer ausdrücklichen Erwähnung, daß der Zustand einer Pflanze als Culturpflanze und Krankheitsanlage einer Pflanze ganz identisch sind. Beides sind Veränderungen des chemischen Processes in der Pflanze, hervorgerufen durch die Verhältnisse, unter denen die Pflanze vegetirte, und wesentlich in dem Anbau der Pflanze in gedüngtem Boden oder einem Lande, das dem Gartenlande nahe steht, bestehen. Im Grunde sind alle unsere Culturpflanzen mit sehr wenigen Ausnahmen Krankheiten, d. h. Abweichungen von normalem natürlichen Bildungsgange der Art und nur der menschliche Egoismus nennt sie nicht so, weil er in diesen Krankheiten grade so seinen Vortheil findet, wie in der künstlichen Leberanschwellung der Straßburger Gänse. Gerade wie beim Menschen beruhen auch bei der Pflanze der größte Theil, wo nicht alle, der eigentlichen innern Krankheiten auf einer falschen, mangelhaften oder noch häufiger zu reichlichen Ernährung. Um indeß den gewöhnlichen Sprachgebrauch nicht zu sehr zu verlassen, will ich diesen Zustand der Culturpflanzen, in welchem sie in Folge zu reichlicher Ernährung von ihrer normalen Bildung, die sie im wilden Zustande zeigen, abgewichen sind, als »allgemeine innere Krankheitsanlage« bezeichnen.

Specifisch gesteigert wird aber diese Krankheitsanlage, wenn die Culturpflanze ihrer Natur nach ganz leichten oder gar Sandboden verlangt, wie Hafer oder Kartoffel, und nun in schweren Boden kommt, oder wenn sie in Folge der einmal allgemein eingeführten Culturmethoden immer oder doch größtentheils im ersten Jahre der Düngung gebaut wird, wie Weizen, Roggen, Kartoffeln, oder endlich wenn das Klima, in welchem sie gebaut wird, bedeutend von dem ihres natürlichen Wohnorts abweicht, wie das beim Waizen, beim Mais und bei der Kartoffel stattfindet. Unter diesen Verhältnissen, d. h. bei der specifisch gesteigerten Krankheitsanlage, bedarf es denn auch sehr geringer schädlicher Einflüsse als Gelegenheitsursachen, z. B. Nässe oder Kälte oder große Hitze zur unrechten Zeit, um die Krankheit zum Ausbruch zu bringen.

Der einzige Punkt, den hier der Mensch in seiner Gewalt hat, ist die Vermeidung unpassenden Bodens und unpassender Lagen bei der Cultur

---

mittel der Krankheitsfälle zu schreiben, lieber gründliche statistische Angaben sammelte, um den mittleren Verlust durch Krankheiten mit veranschlagen und so durch Voraussicht unschädlich machen zu können. Staatswirthschaftlich hat ohne Zweifel die genaue Feststellung dieser statistischen Verhältnisse die größte Wichtigkeit, denn für irgend ein Land gehen zwar die größten Verlegenheiten daraus hervor, wenn eine Ernte, auf welche man gerechnet hat, ausfällt; es bleibt aber derselbe Verlust ganz ohne diesen Nachtheil, wenn man seine Anschläge und Einrichtungen gleich im Voraus so getroffen hat, daß der zu erwartende Ausfall mit berücksichtigt ist.

Digitized by Google

irgend einer Pflanze, was aber jeder verständige Landwirth schon von selbst thun wird. Das Klima ist ganz unserm Einflusse entzogen und die allgemeine Krankheitsanlage können wir nicht aufheben, ohne zugleich auf den Besitz von Culturpflanzen zu verzichten.

Die äußern Erscheinungen der Krankheit der Pflanzen sind bekannt genug und ihre specielle Darstellung gehört ohnehin der Pflanzenpathologie an. Die innern Erscheinungen dagegen haben, soweit wie sie bis jetzt erforscht sind, etwas ganz Allgemeines, welches hier seinen Platz verdient, weil es ganz entschieden darauf hindeutet, daß die allgemeine Krankheitsanlage in der That durch den Einfluß der Culturverhältnisse gegeben ist.

Sowie die Pflanzenphysiologie sich zunächst nur um Erforschung des Lebens der einzelnen Zelle drehen kann, wenn sie einigermaßen erfolgreich bearbeitet werden soll, so müssen wir auch bei pathologischen Untersuchungen uns vor Allem ausschließlich an die Betrachtung der Veränderungen halten, welche die einzelnen Zellen uns zeigen. In jeder lebendigen Zelle ordnen sich nun die derselben angehörigen Sustanzen nach einem einfachen Plane. Die Wand der Zelle ist aus festem, völlig unauflöslichem Zellstoff gebildet, der zwar, je nachdem er von diesen oder jenen Substanzen durchdrungen und somit verunreingt ist, verschiedene Erscheinungen bei der Anwendung von Reagentien hervorrufen kann, an und für sich aber immer derselbe, und zwar eine stickstofffreie Substanz bleibt, in der neben Kohlenstoff der Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, wie sie Wasser bilden, vorhanden sind. Diese Zellenwand ist auf ihrer inneren Fläche von einer bald dickern, bald dünnern, bald gelblich gefärbten, bald farblosen Schicht eines halbflüssigen, halbgeronnenen, schleimig-körnigen Stoffes ausgekleidet, der stets aus einer stickstoffreichen Substanz (einer Proteinverbindung) besteht, von H. v. Mohl der Primordialschlauch genannt. Endlich den innern Raum der Zelle nimmt eine sehr gemischte Flüssigkeit ein, deren Lösungsmittel Wasser ist, in welcher sich wenig stickstoffhaltige (Protein-) Verbindungen, aber sämmtliche übrigen stickstofffreien Stoffe, wie Gummi, Zucker Pflanzensäure u. s. w., die auflöslichen Salze und in fester Form Stärke, Inulin und Krystalle befinden.

Das wichtigste Verhältniß für das Leben der Zelle scheint hier das der stickstoffhaltigen Auskleidung zu den übrigen, besonders stickstofffreien Substanzen zu sein und das gesunde Leben der Zelle ganz von der normalen Beschaffenheit dieser Schicht abzuhängen. Wenn die Zelle alt wird und anfängt abzusterben (wie z. B. in der Holzzelle), so verschwindet nach und nach diese Auskleidung oder vereinigt sich so fest mit der Zellenwand, daß sie nicht mehr davon getrennt werden kann, indem sie gleichzeitig in aufgelösterem Zustand die Zellenwand durchdringt und so nach und nach die

Digitized by Google

urſprüngliche Reaction derſelben auf Zellſtoff völlig durch die immer ſtärker hervortretende Reaction auf Proteinverbindungen verdeckt.

Unterſucht man nun die erſten Abweichungen von den normalen Erſcheinungen, welche ſich beim Auftreten innerer Krankheiten, z. B. beim Brand (uredo segetum), bei der Fäulniß z. B. in Cacteenſtämmen, in ſaftigen Früchten u. ſ. w. oder bei den Krankheiten der Kartoffelknollen zu erkennen geben, ſo findet man in allen Fällen, daß ſich zuerſt die ſtickſtoffhaltige Auskleidung der Zelle verfärbt, dunkler wird, daß ſie einen feſtern Zuſammenhang und deutlichere Körnung zeigt und daß ſie zugleich anfängt, die anliegende Zellenwand zu durchdringen und zu tränken, ſo daß dieſelbe aufhört, die reinen Reactionen auf Zellſtoff zu zeigen. Dieſe Erſcheinungen ſind ſo allgemein, daß man wohl behaupten darf, daß alle inneren Krankheiten der Pflanzen weſentlich in einem regelwidrigen Verhalten dieſer Schicht ihren Urſprung nehmen und daß erſt die Veränderung dieſer Schicht, in der ſich, wie es ſcheint, die eigentliche Kraft des chemiſchen Proceſſes in der Zelle concentrirt, die an den andern Theilen der Zelle ſpäterhin wahrnehmbaren Krankheitserſcheinungen hervorruft.

Wie ſchon aus dem Frühern klar geworden ſein wird, bekenne ich mich ganz zu den Lehren, welche von de Sauſſure und Davy zuerſt angeregt, ſpäter von Bouſſingault und Liebig weiter ausgebildet worden ſind, und welche auf die unorganiſchen Subſtanzen in der Pflanze ſo großen Werth legen. Ich bin insbeſondere ganz der ſcharfen Faſſung dieſer Anſichten zugethan, wie ſie Liebig zuerſt ausgeſprochen, daß die ganze Mannichfaltigkeit der Pflanzenwelt, ſoweit ſie in einem chemiſchen Proceſſe beruht und von einem ſolchen abhängt, in erſter Quelle ausſchließlich von der Einwirkung der verſchiedenen qualitativen und quantitativen Zuſammenſetzung der unorganiſchen Subſtanzen abhängt, welche die Pflanze aus dem Boden aufnimmt, daß daher auch von dieſen Subſtanzen ihre dürftige oder üppige Entwickelung, ihr geſunder oder kranker Zuſtand abgeleitet werden müſſe. Mir ſcheint namentlich durch die Unterſuchungen von Bouſſingault und Liebig völlig feſtgeſtellt, daß die Bildung der organiſchen Subſtanzen, der Dextrin- und Proteinreihe gänzlich abhängig iſt von der Gegenwart gewiſſer unorganiſcher Stoffe, ohne deren Vorhandenſein der größte Ueberfluß an organiſchen Elementen auch in den paſſendſten Verbindungen der Pflanze völlig unnütz iſt. Ob es ſchon außer Zweifel geſetzt iſt, daß die Bildung der Proteinſubſtanzen von der Gegenwart phosphorſaurer Salze, die Bildung der Stoffe aus der Dextrinreihe dagegen von der Gegenwart nicht phosphorſaurer Alcaliſalze abhängig ſei, braucht hier nicht entſchieden zu werden, würde aber durch die folgende Erörterung noch an Wahrſcheinlichkeit gewinnen.

Nun iſt die verhältnißmäßige Seltenheit der phosphorſauren Salze in

Digitized by Google

den meiſten geognoſtiſchen Formationen und alſo auch in den lediglich oder doch hauptſächlich aus ihnen gebildeten Bodenarten bekannt genug, dagegen häufen ſich dieſelben, von den Pflanzen langſam geſammelt, in einem Boden an, der hauptſächlich aus verweſten und verfaulten Vegetabilien gebildet worden iſt; am aller reichſten aber ſind die thieriſchen Abfälle und Auswurfſtoffe an phosphorſauren Salzen, und daher enthalten unſere gedüngten Bodenarten, beſonders der am ſtärkſten gedüngte Gartenboden, auch ſtets eine verhältnißmäßig größere Menge jener Salze, als in den meiſten Pflanzen normal vorhanden iſt und verwendet werden kann. Es kann aber bei dem Einfluß, den die unorganiſchen Subſtanzen im Boden auf die Pflanze ausüben, durchaus nicht allein darauf ankommen, daß ſie überhaupt vorhanden ſind. Denn da den Pflanzen ein Vermögen, ihre Nahrung auszuwählen, nicht zukommen kann, vielmehr nur in ſehr beſchränkter Weiſe durch die endosmotiſchen Geſetze die Verhältniſſe, in denen ſich die löslichen Stoffe der Aufſaugung darbieten, geändert werden können, ſo iſt es eben ſo wichtig, daß die ſämmtlichen der Pflanze nöthigen Stoffe auch in einem wenigſtens annähernd richtigen Verhältniſſe im Boden vorhanden ſind, weil die Pflanze ſonſt gezwungen iſt, von der einen oder andern Subſtanz mehr aufzunehmen, als ihrer normalen Bildung entſpricht, wodurch denn unvermeidlich Abweichungen in ihrem Lebensproceß hervorgerufen werden.

Faſſen wir nun alles dieſes in ein Geſammtreſultat zuſammen, ſo erhalten wir folgende allgemeine Anſicht: »Je mehr in einem Boden ſich in Folge ſeiner Entſtehungsweiſe und ſeiner Bearbeitung die phosphorſauren Salze relativ vermehren, deſto geneigter werden die darauf wachſenden Pflanzen, von dem urſprünglichen Typus ihrer Art abzuweichen, Spielarten, Unterarten zu bilden und endlich durch innere Krankheiten angegriffen und zerſtört zu werden.«

5. Von der Kartoffelkrankheit insbeſondere.

Nach dem im vorigen Abſchnitte Erörterten bleibt hier wenig zu thun übrig, als die Anwendbarkeit und Anwendung jener allgemeinen Grundſätze auf einen einzelnen beſondern Fall anzudeuten.

Die Kartoffel iſt eine fleiſchige Knolle, welche, wie oben erwähnt, bei ſehr großem Waſſergehalt eine bedeutende Menge von Stärkemehl enthält neben außerordentlich wenigen Proteinverbindungen. Alle Proteinverbindungen ſind bekanntlich in diluirten Auflöſungen zur leichten Zerſetzung (Fäulniß) geneigt und ziehen, ſobald dieſelbe eintritt, ſelbſt ſolche Subſtanzen, welche, wie Stärkemehl und Zellſtoff, nur ſehr ſchwer und langſam

Digitized by Google

der Zerstörung durch die atmosphärischen Einflüsse anheimfallen, mit in den Kreis ihrer Auflösung.

Welchen Einfluß werden nun auf eine so geartete Pflanze die Verhältnisse ausüben müssen, welche unser Culturland darbietet? Die Beantwortung dieser Frage führt, wie sich zeigen wird, zu höchst merkwürdigen Resultaten.

Ich will nur zuerst die Bemerkung voranschicken, daß jeder ursprüngliche Boden, worunter ich solchen verstehe, der ausschließlich aus dem Zerfallen und der Verwitterung der Gebirgsmassen entstanden ist, nur sehr wenig phosphorsaure Salze enthält und, wenn auch für die meisten wilden Vegetationen genügend, keineswegs überreich an Alkalisalzen ist. Ersteres, weil phosphorsaure Salze überall nur selten sind; Letzteres, weil lösliche Alkalisalze unausbleiblich vom Regen ausgewaschen und den Quellen und Flüssen, und somit dem Meere zugeführt werden. Mit dem Dünger bringen wir aber stets eine Menge von phosphorsauren Salzen auf den Boden, die im Verhältniß zu den Alkalisalzen bedeutend größer ist, als irgend eine Pflanze im normalen Zustande enthält.

Man hat bisher bei der Betrachtung der unorganischen Stoffe der Pflanzen und des Bodens fast nur darauf Rücksicht genommen, ob der letztere die unorganischen Bestandtheile überhaupt und absolut in nöthiger Menge enthält. Diese Betrachtungsweise ist aber weit davon entfernt, genügend zu sein und Alles zu umfassen, was hier nothwendig berücksichtigt werden muß. Die Pflanze ist nämlich kein beseeltes Wesen, welches nach seinem Bedürfniß unter den vielen gleichzeitig sich darbietenden Nahrungsstoffen sich die zweckmäßigsten auswählen kann. Die Nahrungsaufnahme hängt, so weit bis jetzt die sorgfältigsten Untersuchungen uns haben erkennen lassen, ausschließlich von der anziehenden Kraft zweier Stoffe ab, welche sich zu mischen streben, eine Kraft, welche Dutrochet in dem singulären Falle, welcher mit den Verhältnissen der Stoffaufnahme bei Pflanzen und Thieren die größte Aehnlichkeit hat, mit dem in jeder Weise unpassenden und unzweckmäßigen Namen »Endosmose« bezeichnet hat. Nach den Gesetzen dieser Anziehungskraft wird ein in Wasser gelöster Stoff immer von einer andern Flüssigkeit angezogen, wenn beide Flüssigkeiten überhaupt (wie z. B. Wasser zum Eiweiß, zu Gummi- und Zuckerwasser) in einem solchen Verhältniß des Mischungsbestrebens zu einander stehen. Allerdings geschieht dieses nicht immer so, daß der gelöste Stoff gerade in demselben Verhältniß, wie er im lösenden Wasser vorhanden ist, aufgenommen würde, indessen ist die Grenze gerade bei den gewöhnlicher vorkommenden anziehenden Flüssigkeiten und den gewöhnlicher im Wasser des Bodens vorkommenden aufgelösten Bestandtheilen so weit hinausgerückt, daß die Quantitäten bei weitem jedes Bedürfniß einer Pflanze übersteigen können.

Digitized by

Nach dieſen Vorbemerkungen kommt es offenbar nicht bloß darauf an, daß die Stoffe, welche die Pflanze als Nahrungsmittel im Boden vorfinden muß, überhaupt im Boden vorhanden ſind, ſondern weſentlich auch darauf, daß dieſelben ſchon im Boden in demſelben oder einem nahebei ähnlichen Verhältniß zu einander ſtehen, als ſie in der Pflanze, wenn ſie geſund entwickelt iſt, ſich vorfinden ſollen. Ein jedes von der Norm bedeutend abweichendes Verhältniß wird die Pflanze zwingen, ein andere Nahrung aufzunehmen, als ihrer Natur eigentlich entſpricht. Die Folge davon wird ſein, daß ſich der chemiſche Proceß, durch welchen die in ihr entſtehenden organiſchen Stoffe gebildet werden, eigenthümlich modificirt, und daß ſomit auch ein Verhältniß der organiſchen Stoffe zu einander hervorgerufen wird, welches von dem der Pflanze im normalen eigenthümlichen Zuſtande mehr oder weniger abweicht. Ja es können unter Umſtänden Stoffe, welche regelmäßig in der Pflanze vorhanden ſein ſollten, ganz in derſelben fehlen, andere analoge an ihre Stelle treten oder auch ganz neue Stoffe gebildet werden. So verhält es ſich z. B. in den ſchon von Liebig aufgeführten Fällen, wo bei dem Fehlen beſtimmter, von der Pflanze verlangter unorganiſcher Baſen oder Säuren die Pflanze organiſche Baſen oder Säuren bildet, welche die Stelle der fehlenden übernehmen müſſen.

In jeder Pflanze aber finden wir ein gewiſſes normales Verhältniß zwiſchen den Proteinverbindungen und den Stoffen der Dextrinreihe. Eine Abweichung von demſelben führt keineswegs nothwendig den Untergang der Pflanze mit ſich, ja bei unſern Culturpflanzen iſt es oft gerade das regelwidrige Vorherrſchen der einen oder der andern Beſtandtheile, welches wir durch unſere Beſtrebungen zu erzielen ſuchen. So iſt es ja bekannt, wie außerordentlich das genannte Verhältniß in den Körnern unſeres cultivirten Weizens verſchieden ſein kann, ohne daß die Exiſtenz der daraus gezogenen Pflanzen gerade gefährdet wird. Aber eben ſo bekannt iſt es auch jedem Landmanne, daß gerade unſer Weizen vielfachen Krankheiten, dem Brande, dem Roſte u. ſ. w. unterworfen iſt, und alle erfahrenen Landwirthe ſtimmen darin überein, daß ſie zum Saatkorn vorzugsweiſe ſolchen Weizen wählen, welcher auf dem dürftigſten Boden gewachſen iſt, weil dieſer die geſundeſten und kräftigſten Pflanzen, und ſomit den ſicherſten und reichlichſten Ertrag liefert.

Liebig hat auf geiſtreiche Weiſe verſucht, den innigen Zuſammenhang, welcher die Bildung der Stoffe der Dextrinreihe von der Gegenwart der alkaliſchen Salze abhängig macht, darzuthun; er und Bouſſingault haben in ihren Analyſen gezeigt, in welcher engen Wechſelwirkung die Proteinverbindungen mit den phosphorſauren Salzen zu ſtehen ſcheinen. Sind dieſe Lehren, wie wir ſelbſt früher nachgewieſen haben, auch noch keines-

Digitized by Google

wegs sicher gestellt gegen alle Einwendungen, so bleibt doch so viel gewiß, daß das Vorhandensein und das Verhältniß der Phosphorsäure und der Alkalien mit der Bildung und dem Verhältniß der genannten beiden Stoffreihen im engsten Zusammenhange steht.

Sind nun aber die organischen Elemente der Pflanze in der genügenden Menge und in den passenden Verbindungen dargeboten, so hängt die Entstehung der Proteinverbindungen und der Stoffe der Dextrinreihe offenbar der Qualität und Quantität nach von der Gegenwart und dem Verhältnisse der löslichen phosphorsauren und Alkalisalze im Boden ab. Sind die einen oder die andern im Boden in relativ größerer Menge vorhanden, als die normale Pflanze ihrer bedarf, so wird dieselbe gezwungen, auch von dem einen oder anderen correspondirenden organischen Stoffe mehr zu bilden, als ursprünglich in ihrer Natur liegt.

Durch unsere sämmtlichen Düngerarten, welche aus den thierischen Auswurfstoffen bestehen, führen wir aber dem Boden stets die phosphorsauren Salze in reichlicherem Verhältnisse zu, als die Alkalisalze, und so werden die ersteren im Boden nicht bloß absolut, sondern auch relativ bedeutend vermehrt. In unsern Culturpflanzen finden wir nun gerade die Proteinverbindungen bedeutend vermehrt und auch wohl verändert, wodurch sie den Einfluß, den der Gehalt des gedüngten Bodens ausgeübt hat, am auffallendsten offenbaren.

Dieser Erfolg wird allerdings in denjenigen Pflanzentheilen zunächst als unschädlich erscheinen, in welchen sämmtliche Stoffe entweder in lufttrockenem Zustande vorhanden sind, wie in den Körnern unserer Cerealien oder Hülsenfrüchte, oder welche, so wie sie gebildet sind, gleich gesammelt und verzehrt werden. Wo dagegen die Processe, denen die Pflanzentheile nach ihrer Einsammlung unterworfen werden, gerade zu ihrem Gelingen eine bestimmte Art der Mischung erfordern, wird sich auch die Abweichung von derselben durch nachtheilige Erscheinungen geltend machen, wie bei der Benutzung der auf frisch und zu stark gedüngtem Boden gezogenen Runkelrüben zur Zuckerbereitung oder der auf zu üppigem Boden gezogenen Gerste zum Bierbrauen. Endlich wo die betreffenden Pflanzentheile immer eine große Menge ungebundenen Wassers behalten, wo die Proteinverbindung in aufgelöstem Eiweißstoff oder in Käsestoff besteht, wo das normal vorhandene Eiweiß vielleicht durch den Einfluß der Cultur in den noch viel leichter faulenden Käsestoff umgewandelt ist, da sind alle Bedingungen zu den mannichfaltigsten Fäulniß- und Zersetzungsprocessen gegeben, und es wird oft nur von unbedeutenden äußeren Einflüssen abhängen, daß diese Anlage in den verderblichsten Erscheinungen hervortritt, so wie es auch von solchen an sich zufälligen äußeren Veranlassungen abhängig sein wird, in welcher Form die Zersetzungsprocesse auftreten.

Digitized by

Dieſer zuletzt erwähnte Fall tritt aber ganz beſonders bei unſerer Kartoffel ein. In der Knolle, welche immer reich an ungebundenem Waſſer iſt, darf nur der Eiweißſtoff ein wenig über ſein normales Maaß vermehrt, oder gar noch in Käſeſtoff umgewandelt werden, damit ſie ſogleich die Bedingungen zu einer leicht in die Erſcheinung tretenden Fäulniß enthalte. Von verſchiedenen äußeren Einflüſſen mag es dann abhängen, ob das eine Mal vorzugsweiſe das Stärkemehl, wie bei der Naßfäule, oder das andere Mal beſonders die Zellwand, wie bei der Trockenfäule, von dem Fäulnißproceß angeſteckt oder zerſtört wird.

Stellt man aber die Erſcheinungen der Krankheit mit den chemiſchen Unterſuchungen zuſammen, ſo kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Krankheit weſentlich in einem regelwidrigen Verhalten der Proteinverbindungen in der Kartoffel beſteht, und daß dieſer Abweichung wahrſcheinlich eine größere Menge phosphorſaurer Salze in der kranken Kartoffel entſpricht. Alle Kartoffelkrankheiten, von denen wir genauere Nachrichten beſitzen, charakteriſiren ſich als Abweichungen vom normalen Vegetationsproceß, welche in Folge der Cultur entſtanden ſind. Die Trockenfäule, welche in den Jahren 1842 und 1843 ſo verheerend auftrat, und die Krankheit, welche das Jahr 1845 zu einem ſo traurigen machte und ſeitdem ununterbrochen bald hier bald dort unſere Felder verheerte, die einzigen Krankheiten, welche ſorgfältig wiſſenſchaftlich unterſucht ſind, zeigen ſich beide als in der regelwidrigen Beſchaffenheit der Proteinſubſtanzen begründete Fäulnißproceſſe, welche im erſten Falle vorzugsweiſe das Stärkemehl, im letztern die Zellwand angriffen.

Mit einem Wort, die Beobachtung dieſer Krankheiten zeigt uns dieſelben als ſolche, wie ſie unter den Einflüſſen der Cultur nothwendig oder doch höchſt wahrſcheinlich entſtehen mußten. Das Weſen dieſer Krankheiten iſt die in einer regelwidrigen Beſchaffenheit der Proteinverbindungen beſtehende Entartung der Kartoffeln, die Urſache liegt in der Cultur der Kartoffeln; die Gelegenheitsurſachen, welche den Ausbruch der Krankheit veranlaſſen oder beſchleunigen, ſind äußere örtliche oder zeitliche Einflüſſe, wie ſehr feuchte Lage der Grundſtücke, beſondere Witterungsverhältniſſe ꝛc.

Dieſe Anſicht, daß das Weſen der Krankheit in einer Entartung der Kartoffel liege, iſt nun in dieſer Allgemeinheit des Ausſpruchs keineswegs neu, aber gleichwohl iſt ſie in ihrer Ausführung und Begründung weſentlich von der Anſicht Aller, die daſſelbe ausgeſprochen haben, verſchieden. Dieſe Verſchiedenheit liegt in dem, was die Einzelnen als Grund der Ausartung annehmen, welche Annahmen meiſtentheils aus localer oder zeitlicher Beſchränkheit des Blicks entſprungen ſind. Man hat den Mangel der Erneuerung der Kartoffel durch Anzucht aus Samen, den Gebrauch, die Setzkartoffeln zu zerſchneiden oder nur die Augen auszuſtechen, die Art

der Aufbewahrung der Setzkartoffeln während des Winters u. dgl. als Grund der Entartung angeführt. Aber solche Annahmen werden ganz einfach dadurch widerlegt, daß in den sämmtlichen Ländern, welche von der Kartoffelkrankheit betroffen worden sind, die berührten Verhältnisse gar sehr verschieden waren. An gar vielen Orten sind die aus Samen gezogenen Kartoffeln vorzugsweise von der Krankheit heimgesucht, worüber ich außer den bereits veröffentlichten Fällen noch das Zeugniß eines Predigers in der Nähe von Jena anführen kann, der sich seit längerer Zeit mit der Anzucht der Kartoffeln aus Samen beschäftigt. Die Krankheit ist nicht minder heftig in Gegenden aufgetreten, wo es nie Gebrauch gewesen ist, die Kartoffeln zu zerschneiden. Endlich aber lassen sich von allen diesen angeblichen Ursachen und insbesondere auch von der dritten die wirklichen Merkmale der Krankheit durchaus in keiner Weise ableiten. Diese Angaben halten vielmehr nur dann Stich, wenn man sich selbst hinter so allgemeinen und nichtssagenden Worten, wie »Schwächung der Kartoffel, Verderbniß der Säfte« u. dgl. m., die eigene Unwissenheit verbirgt. Unbestreitbare Thatsache ist, daß die Krankheit sich zuerst an den Proteinverbindungen in den Zellen zeigt, daß die Proteinverbindungen relativ vermehrt, qualitativ verändert sind, das Stärkemehl dagegen relativ vermindert und ebenfalls, wenn auch weniger auffallend, qualitativ verändert ist, daß das Verhältniß der phosphorsauren und der alkalischen Salze auffallend verändert ist. Alle diese Thatsachen stehen aber nach dem neuern Zustande der Wissenschaft unter einander im genauesten Zusammenhange, und keine Ansicht über den Grund der Kartoffelkrankheit kann auf Berücksichtigung Anspruch machen, welche nicht zugleich wenigstens die Möglichkeit aufweist, wie aus dem angeblichen Grunde gerade dieser bestimmte Erfolg nach chemischen Gesetzen habe hervorgehen können.

Dagegen ist diese Ansicht durchaus geeignet, jenen geforderten Zusammenhang nachzuweisen und das Resultat aus dem Vorhergegangenen nicht nur als möglich, sondern als im höchsten Grade wahrscheinlich, um nicht zu sagen nothwendig, herzuleiten. Diese Ansicht erklärt vollständig alle so widersprechenden Erscheinungen, welche bei der Verbreitung der Krankheit sich gezeigt haben, da sie neben der inneren specifisch gesteigerten Krankheitsanlage immer noch äußere Gelegenheitsursachen, die natürlich beinahe auf jeden einzelnen Kartoffelstrauch in verschiedener Weise einwirken müssen, voraussetzt. Sie erklärt ferner vollständig die so ganz auffallende Thatsache, daß auf einem Felde, ja an einem und demselben Stocke gesunde und in sehr verschiedenem Grade erkrankte Kartoffeln neben einander vorkommen; denn es bedarf wohl kaum noch der Erwähnung, daß die Ackerkrume irgend eines Feldes kein auch nur einigermaßen gleichartiges Gemenge der darin enthaltenen Substanzen sei. Verrathen doch oft noch im

Digitized by

zweiten Jahre nach der Düngung die Pflanzen durch ihre üppigere Entwickelung, durch ihr dunkleres Grün die Stellen, wo die Misthaufen nach dem Auffahren eine Zeit lang gelegen haben und von wo aus sie über den Boden vertheilt sind, nicht ohne erst den Fleck, auf dem sie lagen, mit einem Theil ihrer wirksamsten Bestandtheile getränkt zu haben. Jede bedeutendere Verschiedenheit des Bodens muß aber, so local sie auch immer sein mag, nothwendig eine Verschiedenheit in der Vegetation und insbesondere im chemischen Proceß der Pflanze hervorrufen, so daß die einzelnen Kartoffeln den krankheiterzeugenden Einflüssen in sehr verschiedener Weise ausgesetzt sind.

6) Voraussage und Mittel zur Abhülfe.

Eine der praktisch wichtigsten Fragen bei Gelegenheit der Kartoffelkrankheit ist ohne Zweifel die, ob wir die Erscheinung, welche sich seit 1845 so verheerend durch einen großen Theil der ackerbautreibenden Länder verbreitet hat, als eine isolirte Erscheinung, als durch besonderes, seltneres Zusammentreffen von Naturereignissen hervorgerufene vereinzelte Thatsache anzusehen haben, oder ob ähnliche Gefahren uns auch in der Folge bedrohen werden.

Die Beantwortung dieser Frage wird natürlich sehr verschieden ausfallen, je nach der verschiedenen Ansicht, welche man von dem Wesen der Krankheit hegen kann. Die bisher geäußerten Ansichten lassen sich sämmtlich unter drei Abtheilungen bringen. Die eine Partei huldigt dem Parasitismus und sieht die Krankheit nur in der Gegenwart der schmarotzenden Pflanzen (Pilze) oder Thiere. Diese Ansicht verdient keine weitere Berücksichtigung, denn nur einer höchst oberflächlichen Beobachtungsweise kann es entgehen, daß die krankhaften Erscheinungen an der Kartoffel ohne Ausnahme früher vorhanden sind, als sich die geringste Spur jener Parasiten zeigt. Auch haben sich nicht nur die meisten, sondern auch die gewichtigsten Stimmen in der Wissenschaft entschieden gegen diese Auffassungsweise ausgesprochen.

Die zweite Partei suchte die Krankheit aus der eigenthümlichen Witterungsbeschaffenheit des Jahres 1845 abzuleiten, und versprach daher völliges Verschwinden der Krankheit in günstigeren Jahren. Diese Voraussage hat die traurige Erfahrung widerlegt, aber sie könnte auch für einen kurzen Zeitraum vielleicht scheinbar durch den Erfolg gerechtfertigt werden, und doch die Grundlage dieses Schlusses falsch und dadurch, daß man die Wurzel des Uebels sucht, wo sie in der That nicht zu finden, von höchst nachtheiligen Folgen sein.

Die richtige Ansicht über die Krankheit und die richtige Vorhersagung für die Zukunft ergiebt sich am sichersten aus der Geschichte der Kartoffel.

Die Krankheit von 1845 steht nämlich nichts weniger als isolirt da. Schon seit dem Beginn des Kartoffelbaues in Europa haben sich Krankheiten an dieser nützlichen Knolle gezeigt. So wie sich die Cultur dieser Pflanze ausbreitete, haben sich die krankhaften Erscheinungen mannichfacher modificirt, und sind sowohl extensiv als intensiv heftiger hervorgetreten. Man darf nur die Literatur überblicken, um zu finden, wie die Klagen über Ausartung der Kartoffeln und über das Ueberhandnehmen der Krankheiten immer lauter, immer ernstlicher und besorglicher geworden sind.

Fragen wir daneben nach der Culturmethode dieser Feldfrucht, so ergiebt sich uns als allgemeines Resultat, wogegen die vereinzelten Ausnahmen gar nicht in Betracht kommen, daß man bei allen Wirthschaftssystemen doch die Kartoffeln stets vorzugsweise in frisch gedüngtes Land gebracht hat. Die ausgezeichnetsten landwirthschaftlichen Schriftsteller empfehlen bei allen Mustern von Fruchtfolgen stets die Kartoffeln auf das neugedüngte Land zu bringen. Viele empfehlen sogar, die Setzkartoffeln unmittelbar auf den Mist zu legen oder damit unmittelbar zu bedecken. Wie die Ansichten in Deutschland wenigstens sich gestaltet haben, zeigt schon eine Aeußerung in der bekannten Monographie über die Kartoffel von Putsche und Bertuch, S. 55, wo es heißt: »Damals glaubte man, und noch giebt es hie und da Leute, die diesen Glauben eigensinnig festhalten, daß die Kartoffeln in keinen frisch gedüngten Boden gebracht werden dürfen; allein die allgemeinste Erfahrung hat dafür entschieden, daß die Kartoffel eine Frucht sei, wozu der Boden niemals überdüngt werden könne.« Schriftsteller, wie Pabst, Schweizer, Block, Koppe u. s. w., empfehlen sämmtlich zu den Kartoffeln zu düngen, z. B. der Erstere empfiehlt überall in seinem Lehrbuch der Landwirthschaft (II, 122; IV, 110, 145, 152 u. s. w.) starke Düngung zu den Kartoffeln, obwohl er jetzt in seiner Schrift über die Kartoffelkrankheit plötzlich klug geworden ist und verlangt, daß die Kartoffeln erst im zweiten Jahre nach der Düngung gebaut werden sollen.

Diese Ansichten und Lehren von der Kartoffelcultur haben sich mit der Ausbreitung dieses Zweiges der Landwirthschaft auch immer fester begründet. Nur in wenigen Gegenden Deutschlands und namentlich in Thüringen hat sich der Gebrauch größtentheils dahin festgestellt, daß die Kartoffeln nicht in frischen Dünger, sondern als dritte oder vierte Frucht, am häufigsten in die Kleestoppeln gebracht werden, und gerade diese Gegenden sind am längsten von den Krankheiten verschont geblieben, gerade hier ist die Krankheit anfänglich verhältnißmäßig am leichtesten aufgetreten.

Bei einer genauen Vergleichung des Aschengehalts der verschiedenen Düngerarten mit dem Aschengehalt einer sogenannten gesunden Kartoffel ergiebt sich nun, daß, wenn man überall die Alkalien = 1,00 setzt, der

Digitized by Google

Gehalt an Magnesia und Phosphorsäure in dem Dünger zu groß ist. Dabei ist aber noch zu berücksichtigen, daß unsere jetzige gesunde Kartoffel schon von ihrem normalen Zustande in Folge der Cultur bedeutend abgewichen ist. Die folgende Uebersicht mag das Gesagte bestätigen:

Auf dem Berliner Morgen wachsen durchschnittlich Kartoffeln

a. Kraut = 390 Pfund lufttrocken à 12 Proc. Wasser,
= 342 » ganz trocken à 15 Proc. Asche,
= 51,48 » Asche.

Diese enthalten nach Liebig:

Alkalien	2,40
Kalk	13,40
Magnesia	1,46
Chlor	0,52
Schwefelsäure . .	—
Phosphorsäure . .	3,80.

b. Knollen = 11000 Pfund frisch à 75 Proc. Wasser,
= 8250 » trocken à 4 Proc. Asche,
= 330 » Asche.

Diese enthalten nach Petzholdt:

	Knollen	+	Kraut		
Alkalien	201,15	+	2,40	= 203,55	= 1,000
Kalk	1,92	+	13,40	= 15,30	= 0,075
Magnesia	12,83	+	1,46	= 14,29	= 0,070
Chlor	11,50	+	0,52	= 12,02	= 0,059
Schwefelsäure . .	20,92	+	—	= 20,92	= 0,102
Phosphorsäure . .	39,80	+	3,80	= 43,60	= 0,214.

Dagegen enthält die Asche der festen und flüssigen Excremente der Menschen in 100 Theilen nach Berzelius:

	Koth	Harn
Alkalien	33,00 = 1,000	40,80 = 1,000
Kalk	11,50 = 1,348	2,94 = 0,072
Magnesia	4,70 = 0,142	
Chlor	12,10 = 0,366	9,22 = 0,225
Schwefelsäure . . .	7,30 = 0,221	18,23 = 0,446
Phosphorsäure . . .	22,50 = 0,631	14,05 = 0,344.

Der Kuhdünger ist nach Bouſſingault für 24 Stunden zusammengesetzt aus:

a. Koth = 8,55 Pfund trockene Substanz,
= 1,05 » Asche;
b. Harn = 2,06 » trockene Substanz,
= 0,820 » Asche.

Digitized by Google

Diese Asche enthält:

	1050 Kothasche + 820 Harnasche nach Haidlen	nach Brande	
Alkalien	10,70 +	469,88 = 480,58	= 1,000
Kalk	63,84 +	46,36 = 110,20	= 0,229
Magnesia . . .	38,43 +	— = 38,43	= 0,079
Chlor	19,05 +	171,53 = 190,58	= 0,396
Schwefelsäure . .	— +	85,99 = 85,99	= 0,178
Phosphorsäure . .	135,66 +	49,13 = 184,79	= 0,384.

Der Pferdedünger besteht für 24 Stunden nach demselben aus:

a. 7,55 Pfund trockenem Koth
= 1,22 » Asche;
b. 0,65 » trockener Harnsubstanz
= 0,23 » Asche.

Die Asche enthält:

	1220 Kothasche + 230 Harnasche nach Jackson	nach Vauquelin	
Alkalien	0,00 +	144,21 = 144,21	= 1,000
Kalk	155,30 +	55,01 = 200,31	= 1,458
Magnesia	161,89 +	— = 161,89	= 1,122
Chlor	— +	30,66 = 30,66	= 0,212
Schwefelsäure . .	— +	— = —	= —
Phosphorsäure . .	313,66 +	— = 313,66	= 2,175.

Die löslichen Theile des Guano enthalten im Mittel nach Bartels und Völkel:

Alkalien	138,84	= 1,000
Kalk	276,84	= 1,994
Magnesia	33,66	= 0,242
Chlor	99,97	= 0,720
Schwefelsäure . . .	100,94	= 0,727
Phosphorsäure . .	349,98	= 2,520.

Tannen- und Buchenasche enthalten nach Hertwig:

	Tannenasche		Buchenasche	
Alkalien	120,3 =	1,000 —	189,0 =	1,000
Kalk	302,0 =	2,510 —	293,6 =	1,553
Magnesia	66,6 =	0,553 —	89,1 =	0,471
Schwefelsäure	— =	— —	16,1 =	0,085
Phosphorsäure	45,5 =	0,378 —	61,00 =	0,322.

Digitized by Google

Knochenasche enthält:

	von Menschenknochen		von Ochsenknochen	
Alkalien	9,5 =	1,000 —	19,3 =	1,000
Kalk	450,6 =	47,431 —	423,0 =	21,917
Magnesia	7,6 =	0,800 —	11,2 =	0,580
Chlor	8,4 =	0,884 —	17,4 =	0,901
Phosphorsäure . . .	435,4 =	45,831 —	481,8 =	24,963.

Der gewöhnliche Stallmist endlich enthält nach Bouſſingault in seiner Asche:

Alkalien	7,8	=	1,000
Kalk	8,6	=	1,102
Magnesia	3,6	=	0,461
Chlor	0,6	=	0,076
Schwefelsäure . . .	1,9	=	0,243
Phosphorsäure . . .	3,0	=	0,384.

Ist nun die oben über die Krankheit und ihre Ursachen entwickelte Ansicht die richtige, so muß nothwendig, wenn die bisherige Weise, die Kartoffeln in frisch gedüngten Boden zu bringen und dazu die gewöhnlichen in vorstehender Uebersicht aufgeführten Düngerarten zu benutzen, die Krankheitsanlage in der Kartoffel sich immer mehr steigern, und es werden immer geringere Anlässe genügen, die Krankheit zum Ausbruch zu bringen. Wenn jetzt vielleicht sehr günstige Jahre noch eine gesunde Ernte erwarten lassen, so wird doch eine solche Hoffnung von Jahr zu Jahr täuschender werden und zuletzt eine Zeit eintreten, wo die Kartoffeln, statt wie bisher zu den Früchten zu gehören, welche für die sichersten gelten, gerade umgekehrt von allen unsern Culturpflanzen die allerunsichersten und hoffnungslosesten werden.

So trostlos diese Aussicht auch erscheint, wenn wir bedenken, welchen wichtigen Einfluß das Gedeihen der Kartoffel nicht nur auf den Wohlstand der meisten Völker Europas, sondern selbst auf die Möglichkeit ihrer Existenz gewonnen hat, so ist doch auf der andern Seite auch gerade durch diese Ansicht der Weg klar vorgezeichnet, den wir einzuschlagen haben, um dem drohenden Uebel mit Sicherheit vorzubeugen.

Dieses Mittel besteht nun in einer allgemeinen Umänderung unserer Kartoffelcultur und somit unseres ganzen Systems der Fruchtfolge. Die Kartoffel darf fernerhin, wenn die befürchteten Folgen nicht eintreten sollen, nicht mehr zu Anfang einer Düngungsperiode, oder eines Umlaufs gebaut werden, sondern muß in die Mitte oder ans Ende derselben kommen. Welcher Platz ihr hier am besten anzuweisen wäre, wage ich nicht zu entscheiden, da so manche rein praktische Verhältnisse hierbei zu berücksichtigen sind, welche sich nicht nach theoretischen Principien abmessen und im Vor-

Digitized by Google

aus beſtimmen laſſen. Ich will hier nur noch folgende Andeutung verſuchen, ohne größeren Werth darauf zu legen, als ſie ihrer Natur nach haben kann, indem die Fruchtfolge ſich keineswegs allein nach dem chemiſchen Verhältniſſe des Nahrungsbedürfniſſes richtet, ſondern vielleicht ebenſo ſehr nach dem Aggregatzuſtande, in welchem der Boden von den einzelnen Früchten verlaſſen wird, ſo wie nach dem Gehalt deſſelben an Humus.

Beim Getreide kommen durchſchnittlich auf 100 Pfund Körner 200 Pfund Strohertrag.

Waizen enthält im Korn 2,4 Proc., im Stroh 7,0 Proc. Aſche. Die Aſche der Waizenernte enthält alſo

in 240 Körneraſche + 1400 Strohaſche:

	nach Will		Berthier		
Alkalien . . .	79,22	+ 153,7	= 232,94	=	1,000
Kalk	5,40	+ 65,66	= 71,06	=	0,305
Magneſia . . .	29,01	+ —	= 29,01	=	0,124
Chlor	—	+ 32,76	= 32,76	=	0,140
Schwefelſäure . .	—	+ 5,04	= 5,04	=	0,021
Phosphorſäure .	100,99	+ 27,16	= 128,15	=	0,550.

Nimmt man nun das Verhältniß der Aſchenbeſtandtheile des Stallmiſtes dreifach und zieht davon das der Aſchenbeſtandtheile einer Waizenernte ab, ſo zeigt ſich, daß der Reſt noch immer in ebenſo ungünſtigem Verhältniß zu dem Kartoffelbau ſteht, wie die Holzaſchen.

	3 Stallmiſt	—	1 Waizen.		
Alkalien . .	3,000	—	1,000	= 2,000	= 1,000
Kalk . . .	3,306	—	0,305	= 3,001	= 1,500
Magneſia . .	1,383	—	0,124	= 1,259	= 0,629
Chlor . . .	0,228	—	0,140	= 0,088	= 0,044
Schwefelſäure .	0,729	—	0,021	= 0,708	= 0,354
Phosphorſäure	1,152	—	0,551	= 0,602	= 0,301.

Ganz anders dagegen zeigt ſich das Reſultat, wenn man dieſelbe Vergleichung mit dem Roggen anſtellt, indem hier ein entſchieden günſtiges Verhältniß für den Anbau der Kartoffel hervortritt.

Hier kommen auf 230 Aſche von Körnern 720 Strohaſche und dieſe enthalten nach Freſenius:

	230 Körneraſche	+ 720 Strohaſche.		
Alkalien . .	75,92	+ 125,71	= 201,63	= 1,000
Kalk . . .	5,31	+ 62,85	= 68,16	= 0,338
Magneſia . .	22,70	+ 34,41	= 57,11	= 0,283
Chlor . . .	—	+ 5,18	= 5,18	= 0,025
Schwefelſäure	3,15	+ 11,66	= 14,81	= 0,073
Phosphorſäure	105,86	+ 61,63	= 167,49	= 0,830.

Digitized by Google

Daher findet sich

	3 Stallmist	—	1 Roggenernte.
Alkalien . .	3,000	—	1,000 = 2,000 = 1,000
Kalk . . .	3,306	—	0,338 = 2,968 = 1,484
Magnesia . .	1,383	—	0,283 = 1,100 = 0,550
Chlor . . .	0,228	—	0,025 = 0,203 = 0,101
Schwefelsäure.	0,729	—	0,073 = 0,656 = 0,328
Phosphorsäure	1,152	—	0,830 = 0,322 = 0,161.

Die meisten Landwirthe stimmen darin überein, daß der Roggen von allen Pflanzen am besten frische Düngung vertrage, was offenbar seinem relativ großen Gehalt an Phosphorsäure zuzuschreiben ist. Es scheint daher die zweckmäßigste Fruchtfolge zu sein, mit dem Winterroggen zu beginnen und darauf in zweiter Tracht Kartoffeln folgen zu lassen. Aber, wie schon erwähnt, bin ich weit entfernt, hier eine Entscheidung geben zu wollen. Nur so viel wage ich zu behaupten, daß die Stelle, welche man bisher der Kartoffel in der Cultur angewiesen, von allen die verkehrteste und verderblichste ist.

Die Wahl eines andern Systems darf aber, wenn sie anders den gewünschten Erfolg sichern soll, nicht bloß von Einzelnen versucht werden, sondern es muß die frühere Methode des Kartoffelbaues mindestens ebenso allgemein abgeschafft werden, als sie bisher festgehalten werde. Leider aber liegt es in der Natur der Sache, daß auf gesetzlichem Wege hier gar nichts auszurichten ist, selbst zugegeben, daß die von mir entwickelte Ansicht durchaus richtig und erwiesen ist. Der einzige Weg, den hier eine Regierung einschlagen kann, ist, durch alle ihr zu Gebote stehenden Mittel für Bildung und Aufklärung der Landwirthe zu sorgen, so daß dieselben einerseits so gründliche naturwissenschaftliche Kenntnisse besitzen, um Thatsachen im gesetzlichen Zusammenhang oder als wirkliche Erfahrung auffassen zu können, während jetzt so manche noch die rohe Empirie, die bloße Wahrnehmung von Thatsachen mit der Selbstgefälligkeit der Beschränktheit den wissenschaftlichen Erörterungen entgegensetzen, — daß andererseits aber auch die Landwirthe sich zu einer solchen nationalökonomischen Aufklärung heranbilden, daß sie einsehen, daß ihr eigener Vortheil mit dem Wohlsein des ganzen Staats stets Hand in Hand geht, und der Erstere ohne das Letztere nicht dauernd bestehen kann, während bis jetzt bei vielen Landwirthen nicht selten eine ökonomische Engherzigkeit sich zeigt, die mit beschränktem Blick ihren eigenen Interessen entgegenarbeitet, indem sie bloß den nächsten Vortheil für den sichersten halten, vergessend, daß eine Speculation auf 10 Tage hinaus für den sterblichen Menschen nicht sicherer ist, als eine Speculation auf 50 Jahre.

Digitized by Google

Alphabetiſches Regiſter zum dritten Bande.

A.

Abhärtung 280.
Ablagerung neuer Schichten auf die Zellenwand 42.
Ablegen 196.
Abrichtung 280.
Abſenken 196.
Abſonderungsſchicht der Oberhaut 53. 116.
Abſorption von Gasarten 373.
Abſtumpfung 279.
Achſelknospen 191. 192.
Ackerkrume 370.
Ackerkrume, mittlere 371.
Ackerkrume, ſeichte 371.
Ackerkrume, tiefe 371.
Ackerkrume, Veränderung derſelben 387.
Ackerkrume, Vertiefung derſelben 387.
Aetzkalk 432.
Aetzkalk, Auffahren deſſelben 391.
After 257.
Afterzehen 227.
Alchemilla alpina 432.
Alkalien 412.
Allesfreſſende Thiere 305.
Alpenfrauenmantel 432.
Amboß 283.
Ammoniakſalze 416.
Aneignung 136.
Antagoniſten 231.
Aorta 237.
Arbeitsvieh 306.
Art 198.
Arterienblut 234.
Athmungsbewegung 265.
Athmungsproceß 298.
Atmoſphäre 159. 364.
Atmoſphäre, Bewegung derſelben 366.
Atmoſphäre, Druck derſelben 366.
Aufnahme, Organe derſelben bei den Pflanzen 133.
Aufnahme von Gasarten 149.
Augapfel 284.
Augen 193. 255.
Augenhöhlen 226.
Augenlider 255. 284.
Ausarten 383.
Auskleidung, ſtickſtoffhaltige 24. 25. 28.
Ausſaat, Zeit derſelben 384.
Ausſcheidungen 107.
Ausſcheidungen, tägliche 294.
Ausſcheidung von Gasarten 149.
Außenkelch 180.
Austrocknen des Bodens 381.
Auswahl des Samens 383.
Avena sativa 308.

B.

Bärmutter 259.
Balken 273.
Bananen 338.
Baſtbündel 71.
Baſtzellen 58.
Bau der einſamenlappigen Pflanzen 72.
Bau der Erdäpfel 74.
Bau des Hanfs 74.
Bau der Hülſengewächſe 73.
Bau der Kartoffeln 74.
Bau der Knollen 84.
Bau der Kohlarten 74.
Bau des Leins 74.
Bau der Rübenarten 74.
Bau der zweiſamenlappigen Pflanzen 73.
Bauchhöhle 205.

Digitized by Google

Bauchſpeicheldrüſe 257.
Baumwollenfäden 47.
Becken 226.
Bedingung der Vegetation 107.
Beendigung des Umlaufs 454.
Beiknospen 191.
Bergmehl 290.
Beſondere Arten der Zellenbildung 172.
Beſtandtheile, fettige 302.
Beſtandtheile, unorganiſche 346.
Beſtandtheile, unorganiſche, der Düngerſubſtanzen 401.
Beugemuskeln 231.
Bewegung der Atmoſphäre 366.
Bewegung, periſtaltiſche 261.
Bewegungsfaſern 276.
Bidens cannabina 398.
Bildungsgewebe 52. 59. 65. 66.
Bildungstrieb 75. 106.
Bilin 221.
Bindegewebe 205. 215. 232.
Bindehaut 255.
Blattachſel 191.
Blattknospe 191.
Blüthe 180.
Blüthenbildung 76.
Blüthenhülle 180.
Blüthenknospe 191.
Blüthenſtaub 178.
Blume 180.
Blumenkohl 324.
Blumenkrone 180.
Blut 234.
Blut, arterielles 239.
Blut, Menge deſſelben 239.
Blut, venöſes 239.
Blutaderblut 234. 239. 240.
Blutadern 235.
Blutdrüſen 269.
Blutgefäße 205.
Blutkörperchen 212. 234.
Boden 154. 381.
Boden, Austrocknen deſſelben 381.
Boden aus verwitterter Lava 328.
Boden, Brennen deſſelben 391.
Boden der tropiſchen Urwälder 328.
Boden, Eigenſchaften deſſelben, abſorbirende 419.
Boden, Eigenſchaften deſſelben, phyſikaliſche 420.
Boden, Erwärmungsfähigkeit deſſelben 372.
Boden, Kenntniß deſſelben 381. 384.
Boden, Temperatur deſſelben 157.
Boden, Trockenlegung deſſelben 432.
Boden, wärmehaltende Kraft deſſelben 373.
Boden, Waſſeraufnahme deſſelben 376.
Boden, waſſerhaltende Kraft deſſelben 376.
Bodenbearbeitung 381. 387.
Bonitiren, das 384.
Borke 55.
Borkenſchicht 70.
Brache 381. 392.
Brache, grüne 393.
Brache, ſchwarze 393.
Brassica oleracene 324.
Brennen des Bodens 391.
Brunſt 267.
Bruſtbein 225.
Bruſtdrüſe 270.
Bruſthöhle 205.
Bruſtkorb 225.
Brutknospen 191. 192.
Buchweizen 358.
Buenos-Ayres, Steppen von 342.
Butter 308.

C.

Cambium 52.
Centraltheile des Nervenſyſtems 271.
Chiliſalpeter 412. 429. 430.
Choleinſäure 221.
Chondrin 219.
Chylus 267.
Chymus 266.
Claſſen der Pflanzen 199.
Cocos nucifera 338.
Cotyledonen 77.
Creatin 219.
Cryptogamen 178.
Culturboden 329.
Culturmethoden 360.
Culturpflanze 323.
Culturpflanzen, Ernährung derſelben 331.
Culturpflanzen, Kenntniß der einzelnen 381.
Culturzwecke 360.

D.

Dammerde 154.
Darmzotten 242. 263.
Dickdarm 257.
Dicotyledonen 78.
Doldengewächſe, Samen derſelben 84.
Dornfortſätze 227.
Dornſtein 413. 429.
Drainage 381.
Dreſſur 280.
Druck der Atmoſphäre 366.
Drüſen 262.
Dünger als Nahrungsſtoff 395.
Dünger, flammändiſcher 427.
Dünger, Stickſtoffgehalt deſſelben 421.
Düngerſubſtanzen, unorganiſche Beſtandtheile derſelben 401.

Digitized by Google

Düngung 381. 394.
Dünndarm 257.
Durchdringlichkeit 27.

E.

Eichen 179.
Eierchen 259.
Eierstöcke 259.
Eigenschaften des Bodens, absorbirende 419.
Eigenschaften des Bodens, physikalische 420.
Eingeweide 205.
Eingeweide, drüsenartige 263.
Einsamenlappige Pflanzen 77.
Eisen 413.
Eiweißkörper 78. 189.
Eiweißstoff 218.
Elais guineensis 338.
Elektricität 171. 368.
Elemente, organische 124.
Elemente, unorganische 127.
Ellenbogen 227.
Ellenbogenbein 227.
Embryo 268.
Empfindungsfasern 276.
Endknospe 191. 192.
Endosmose 109.
Epidermis 53. 243.
Epithelium 243. 262.
Erbsen 339. 346.
Erdäpfel, Bau derselben 74.
Erfahrungen 319.
Ernährung der Culturpflanzen 331.
Ernährung der Pflanze 124.
Ernährung, Theorie derselben 287.
Ernährungsproceß 266.
Erwärmungsfähigkeit des Bodens 372.

F.

Familien der Pflanzen 199.
Farbestoffe 38.
Fasern 207. 215.
Faserstoff 218. 219.
Feistmachen, das 307.
Feldbohne, Keimung derselben 93.
Fell 245.
Fellinsäure 221.
Felsenbein 275. 283.
Fenster, eirundes 283.
Fenster, rundes 283.
Fette 220.
Fettmachen, das 307.
Fettstoffe 312.
Fische 427.
Flachsfaser 47.
Flechten 176.
Fleisch 205.
Fleischfresser 293. 304.
Flimmerzellen 214.
Flugsand 328.
Fortpflanzung 178. 267.
Fortpflanzung, regelmäßige 183.
Frucht 180.
Fruchtbildung 76.
Fruchtfolge 382. 448.
Fruchtknoten 179.
Fruchtschale 77. 188.
Füllgewebe 52. 71.

G.

Gänsefußpflanzen 324.
Galle 301.
Gallenblase 257. 265.
Ganglien 216. 271.
Ganglienkugeln 217. 271.
Gasarten, Absorption derselben 373.
Gasarten, Aufnahme derselben 149.
Gasarten, Ausscheidung derselben 149.
Gebrauch des Mikroskops 9.
Gefäße 49.
Gefäße, netzförmige 49.
Gefäße, poröse 49.
Gefäßbündel 52. 56. 115.
Gefäßbündel, primäre 58.
Gefäßhaut 284.
Gefühl 281.
Gefühlswärzchen 246.
Gehirn 205. 270. 271. 272.
Gehirn, großes 273.
Gehirn, kleines 273.
Gehirnknoten, großer 273.
Gehörnerv 275.
Gehörnerven 281.
Gehörorgan 255. 282.
Gehörorgan, äußeres 282.
Gehörorgan, inneres 282.
Gelenk 224.
Gelenkkapsel 224.
Germoirs 87.
Gerste 323. 358. 407.
Geschlechter 199.
Geschlechtssystem 257.
Geschmacksnerv 275. 281.
Gesichtssinn 283.
Gestaltungsproceß 152.
Getreidearten, Samen derselben 78.
Gewöhnung 279.
Gewürz 316.
Glanzgras 325.
Gräser 324.
Gräser, Samen derselben 78.
Guano 427.
Gips 429.
Gipsen, das 413.

Digitized by Google

H.

Haar 215. 248.
Haargefäße 218.
Haargefäßsystem 235.
Haarsäckchen 248.
Haarzwiebel 248.
Hafer 323. 339. 408.
Hafer, Keimung desselben 92.
Halswirbel 225.
Hammer 283.
Hanf, Bau desselben 74.
Hanf, Samen desselben 83.
Harnausscheidung 267.
Harnblase 259. 265.
Harnleiter 259.
Harnröhre 259.
Harnsäure 220.
Harnstoff 219. 220.
Harnsystem 257.
Harz 38.
Harzgang 64.
Haube 256.
Hauptbrotkorn 358.
Hauptknospe 191.
Hauptschlagader, große 237.
Haut 205. 214. 243. 245.
Haut, äußere 243.
Hefe 177.
Hefenzellen 177.
Hemisphären 273.
Herz 235. 236.
Heuwerth 311.
Hirnanhang 273.
Hoden 259. 264.
Hodensack 259.
Hörner 259.
Hohlvene 237.
Holz 63.
Holzzellen 63.
Hornhaut, durchsichtige 284.
Hornhaut, undurchsichtige 284.
Hortensien 325.
Hüftknochen 226.
Hülfsorgane 76.
Hüllen der Samenknospe 186.
Hülsengewächse, Bau derselben 73.
Hülsengewächse, Samen derselben 81.
Hufen 227.

J.

Jahresringe 63.
Ideal, praktisches 360.
Ideal, theoretisches 360.
Inhalt der Pflanzenzelle 25. 27.
Inhalt der Pflanzenzelle, fester 31.
Inhalt der Pflanzenzelle, flüssiger 30.
Instinct 287.
Intercellulargänge 26.
Intercellularräume 26.
Intercellularsubstanz 116.
Inulin 37.
Inzucht 269.
Iris 284.

K.

Käse 309.
Käsestoff 219.
Kalk 349. 412.
Kammer 236.
Kartoffel 324.
Kartoffeln, Bau derselben 74.
Kartoffeln, Keimung derselben 97.
Kartoffeln, Knollen derselben 84.
Kehldeckel 255.
Kehlkopf 255.
Keim 76. 179. 186. 189.
Keimblätter 77.
Keimpflänzchen 179.
Keimsack 186.
Keimung 75. 76.
Keimung der Feldbohne 93.
Keimung des Hafers 92.
Keimung der Kartoffel 97.
Keimung des Leins 96.
Keimung des Rapses 95.
Kelch 180.
Kenntniß der einzelnen Culturpflanzen 381.
Kenntniß des Bodens 381. 384.
Kern 77. 186.
Kieselerde 349. 414.
Kieselguhr 290.
Klappen 236. 238.
Klappen, halbmondförmige 236.
Klee, rother 339.
Kleebau 434.
Klima 361.
Kniescheibe 227.
Knochen 204. 222.
Knochen, flache 222.
Knochen, röhrenförmige 222.
Knochen, vielflächige 222.
Knochenerde 222.
Knochenleim 219.
Knochensystem 222.
Knöspchen der Keimpflanze 77.
Knollen 76. 193.
Knollen, Bau derselben 84.
Knollen der Kartoffeln 84.
Knorpel, bleibende 224.
Knorpelkörperchen 223.
Knorpelleim 219.
Knospen 76. 178.
Knospen, regelmäßige 191.

Digitized by Google

Knospenbildung 180. 191.
Knospendecken 180.
Knoten 79.
Kohlarten, Bau derselben 74.
Kohlenstoff 337. 415.
Kohlenstoff, ausgeathmeter 298.
Kohlpflanzen, Samen derselben 81.
Korkschicht 55. 70.
Koth 267.
Kraft des Bodens, wärmehaltende 373.
Kraft des Bodens, wasserhaltende 376.
Krankheit 172.
Kreislauf, großer 234.
Kreislauf, kleiner 234.
Kreuzbein 225.
Kreuzblüthige Pflanzen 324.
Kreuzung 269.
Kronwurzeln 93.
Kropf 270.
Krystalle 39.
Krystalllinse 285.

L.

Labmagen 256.
Labyrinth 283.
Ladogasee 358.
Lage 369.
Laucharten, Samen derselben 80.
Lava, verwitterte, Boden aus derselben 328.
Leber 257. 264.
Lederhaut 243.
Leimstoffe 219. 222. 291.
Lein, Bau derselben 74.
Lein, Keimung desselben 96.
Lein, Samen desselben 83.
Lendenwirbel 225.
Licht 169.
Lohe 174.
Luftröhre 255.
Lunge 264.
Lungenblutadern 236.
Lungenschlagader 236.
Lungenzellen 256.
Lymphe 234.
Lymphdrüsen 242.
Lymphgefäße 235. 241.
Lymphkörperchen 243.
Lymphkügelchen 212.

M.

Magen 256.
Magenmund 256.
Mais 323. 358.
Mark, verlängertes 273.
Markstrahlen 63.
Marksubstanz 274.
Mastdarm 257.
Mastvieh 306.
Matamoren 87.
Menge des Blutes 239.
Mergeln, das 413.
Mikroskop, Gebrauch desselben 9.
Milch 309.
Milchbrustgang 242.
Milchsäure 221.
Milchsaftsysteme 242.
Milchvieh 308.
Milchzucker 221. 303.
Milz 270.
Möhren 324.
Monocotyledonen 77.
Moorboden 328.
Moose 176.
Mundhöhle 205.
Muscheln 282.
Muskeln 205. 228.
Muskeln, unwillkürliche 230.
Muskeln, willkürliche 230.
Mutterengras 432.
Mutterkorn 174.
Mutterkuchen 268.
Muttertrompete 259.

N.

Nabel 98. 269.
Nabelstrang 268.
Nachbilder 279.
Nachgeburt 268.
Nachtschatten 324.
Nackenband 215. 227.
Nahrung 302.
Nahrungsäquivalente 318.
Nahrungsaufnahme, tägliche 294.
Nahrungsbedürfniß 288.
Nahrungsmittel 106. 291. 310.
Nahrungssaft 267.
Nahrungsstoff, Dünger als 395.
Nahrungsstoffe 291.
Naht 98.
Nähte 224.
Narbe 180.
Nasenhöhle 226.
Nasenlöcher 255.
Natterwurz 325.
Nebenknospen 191.
Nebenkrone 180.
Nebenwurzel 79.
Nebenwurzeln 196.
Nerven 205. 270. 271.
Nervenknoten 216. 271.
Nervenröhren 271.
Nervensubstanz 270.
Nervensystem 270.
Nervenwurzel 272.

Digitized by Google

Netzhaut 285.
Niere 259. 264.

O.

Oberarmknochen 227.
Oberhaut 52. 53. 243.
Oberhaut, Abſonderungsſchicht derſelben 116.
Oele, fette 38.
Oele, flüchtige 38.
Oelpalmen 338.
Offenbarblühende Pflanzen 178.
Ohrmuſchel 282.
Organe der Aufnahme 133.
Organe, männliche 179.
Organe, weibliche 179.

P.

Panſen 256.
Paraſiten 174.
Parenchym 52.
Paukenhöhle 283.
Pektin 37.
Pepſin 262.
Peru, Vegetation an den Küſten deſſelben 365.
Pflanze, Ernährung derſelben 124.
Pflanzen, Bau der einſamenlappigen 72.
Pflanzen, Bau der zweiſamenlappigen 73.
Pflanzen, Samen der korbblüthigen 83.
Pflanzenart 324.
Pflanzenei 179.
Pflanzenfreſſer 293. 304.
Pflanzengallerte 37.
Pflanzenphyſiologie 19.
Pflanzenzelle 24.
Pflanzenzelle, feſter Inhalt derſelben 31.
Pflanzenzelle, flüſſiger Inhalt derſelben 30.
Pflug 387.
Pförtner 256.
Pfortader 237.
Phanerogamen 179.
Phellandrium mutellina 432.
Phosphor 346.
Phosphorſäure 348. 402.
Phyſiologie der Thiere 203.
Pigment 246.
Piſtill 180.
Plantago maritima 307.
Poa annua 341.
Poa maritima 307.
Pollen 178.
Polygonum persicaria 398.
Poren 43.
Primitivbündel 216. 232.
Primitivfaſern 216. 233.
Proteinſtoffe 303. 312.
Proteinverbindungen 218. 291.
Pſalter 256.
Pudrette 427.
Pulsſchlag 241.
Pupille 285.

Q.

Quellerwieſen 307.
Quellwaſſer 431.

R.

Rachen 255.
Rajolen, das 387.
Raps, Keimung deſſelben 95.
Regen 365.
Regenbogenhaut 284.
Regenmangel 365.
Reiß 323. 358.
Reiz 276.
Reize, allgemeine 278.
Reize, beſondere 278.
Reizbarkeit 279.
Reizmittel 316.
Reſpirationsmittel 293.
Riechmuſcheln 226.
Riechnerven 275. 281.
Rieſelwieſe 341. 431.
Rinde 57.
Rindenſubſtanz 274.
Ringgefäße 49.
Rippen 225.
Röhrchen der Thiere 207.
Röhren der Knochen 216.
Roggen 323. 358. 406.
Rohrzucker 303.
Roſt 174.
Rüben 324.
Rübenarten, Bau derſelben 74.
Rückenmark 205. 270. 271.
Ruthe 259.

S.

Saftaufnahme 109.
Saftbewegung 106. 108.
Salzſäure 413.
Same 179.
Samen 76. 77.
Samen, Auswahl deſſelben 383.
Samen der Doldengewächſe 84.
Samen der Gräſer und Getreidearten 78.
Samen des Hanfs 83.
Samen der Hülſengewächſe und Kohlpflanzen 81.
Samen der korbblüthigen Pflanzen 83.
Samen der Lauch- und Zwiebelarten 80.

Digitized by Google

Samen des Leins 83.
Samen, männlicher 260.
Samenbläschen 260.
Samenblüthen 179.
Samenfäden 260.
Samenknospe 179.
Samenlappen 77.
Samenschale 77. 189.
Samenstränge 260.
Schädel 225.
Schädelhöhle 225.
Schafwasser 268.
Schale 77.
Scheide, weibliche 259.
Schenkelknochen 227.
Schichtenbildung 42.
Schienbein 227.
Schilddrüse 270.
Schimmel 175.
Schlagaderblut 234. 239.
Schlagadern 235.
Schleim 262. 301.
Schleim, Malpighischer 243.
Schleimhaut 205. 243. 253.
Schleimhäute 214.
Schlund 256.
Schmarotzer, ächte 172.
Schmarotzer, unächte 172. 176.
Schmarotzerpflanzen 174.
Schmelz 222.
Schmierbrand 174.
Schulterblatt 226
Schwanzwirbel 225.
Schwefel 346.
Schwefelsäure 413.
Schweißcanälchen 247.
Schweißdrüsen 247.
Schweißporen 247.
Schweizeralpen 342.
Schwitzen 248.
Seelenleben der Thiere 285.
Seetang 427.
Sehnen 204. 228.
Sehnengewebe 232.
Sehnerven 275. 281.
Sehnervenhügel 273.
Seidenfaden 47.
Siebbein 275.
Siebplatte 226.
Sinnesorgane 281.
Skelett 204. 222.
Sommerweizen 403.
Spalten 43.
Spaltöffnung 53.
Spaltgefäße 49.
Spannung, gesunde 278.
Spaten 387.
Speiche 227.
Speichel 301.
Speicheldrüsen 255.
Speisebrei 266.
Speisecanal 260.
Speiseröhre 256.
Spelzen 78.
Spiegelfasern 63.
Spielart 199. 324. 326.
Spirale 43.
Spiralgefäße 49.
Staar, grauer 285.
Staar, schwarzer 285.
Stärke 303.
Stärkegummi 303.
Stärmemehl 33.
Stärkezucker 303.
Stallmist 427.
Staubbeutel 185.
Staubbrand 173. 174.
Staubfäden 179.
Staubfadenblüthen 179.
Staubweg 180.
Stecklinge machen 196.
Steigbügel 283.
Stempel 180.
Steppen von Buenos-Ayres 342.
Stickstoff 341. 416.
Stickstoffgehalt des Düngers 421.
Stimme 266.
Stimmbänder 256.
Stimmritze 256.
Stimmung 279.
Stoffe, stärkeähnliche 312.
Stoffe, zuckerähnliche 312.
Stoffaufnahme 106.
Stoffgestaltung 106.
Stoffumwandlung 106.
Stoffwechsel 209.
Streckmuskeln 231.
Subject 196.
Substanzen, stickstoffhaltige 32.

T.

Tagebücher, meteorologische 362.
Talgdrüsen 249.
Talkerde 413.
Taurin 221.
Temperament 280.
Temperatur des Bodens 157.
Theile, feste, der Thiere 209.
Theorie 319.
Theorie der Ernährung 287.
Thiere, Physiologie derselben 203.
Thiere, Seelenleben derselben 285.
Thränencanal 284.
Thränendrüse 255. 284.
Tierra colorada 328.
Töne 266.
Torfboden 328.

Digitized by Google

Träger des Staubbeutels 185.
Triglochin maritimum 307.
Trockenlegung des Bodens 432.
Trommelfell 255. 282.

U.

Uebung 279.
Umlauf, Beendigung deſſelben 454.
Unterart 199. 325. 326.
Untergrund 369.
Untergrundspflug 387.
Urboden 154.
Urin 267.
Urſache 320.
Urwälder, tropiſche, Boden derſelben 328.

V.

Vegetation an den Küſten von Peru 365.
Vegetation, Bedingung derſelben 107.
Venenblut 234.
Veränderung der Ackerkrume 387.
Verdunſtung 116.
Verhungern, das 288.
Verſteckblühende Pflanzen 178.
Vertiefung der Ackerkrume 387.
Vorderknie 227.
Vorhof 236.
Vormagen 256.

W.

Wachs 38.
Wachſen, das 75. 76. 105.
Wachsſchicht 54.
Wadenbein 227.
Wärme 160. 366.
Wärmeerzeugung 292.
Wahrnehmung 320.
Wangen 255.
Wanſt 256.
Waſſeraufnahme des Bodens 376.
Wechſelwirthſchaft 382. 434. 448.
Weichtheile 208. 209.
Weißkraut 324.
Weizen 323. 339. 358.
Wieſen, holländiſche 342.
Wieſen, oſtfrieſiſche 342.
Wimperzellen 214.
Wirbelloſe Thiere 225.
Wirbelthiere 225.
Wirkung 320.
Wirſing 324.
Wolle 248.
Wollenfaſer 47.
Würzelchen 77.

Z.

Zehen, wahre 227.
Zeit der Ausſaat 384.
Zelle, Inhalt derſelben 27.
Zellen 207. 212.
Zellen, eiförmige 42.
Zellen, fadenförmige 42.
Zellen, kugelförmige 42.
Zellen, langgeſtreckte 42.
Zellenbildung, beſondere Arten derſelben 172.
Zellenkern 24. 28. 211.
Zellenſaft 30.
Zellenwand 27.
Zellenwand, Ablagerung neuer Schichten auf dieſelbe 42.
Zellgewebe 26.
Zellſtoff 27.
Zirbeldrüſe 273.
Zitzen 260.
Zone, gemäßigte 362.
Zottenhaut 263.
Zuchtvieh 309.
Zuckerrohr 338.
Zungenſchlundkopfnerven 275.
Zweig 191.
Zweiſamenlappige Pflanzen 77. 78.
Zwerchfell 231.
Zwiebeln 76. 193.
Zwiebelarten, Samen derſelben 80.
Zwiebelkuchen 193.
Zwiebelſchalen 193.
Zwiſchenzellengänge 26.
Zwiſchenzellenräume 26.
Zwölffingerdarm 257.

Digitized by Google

Druckfehler zum dritten Bande.

Seite	7	Zeile	7	von unten lies 5 ſtatt 3.
»	25	»	17	v. u. l. Haut ſt. Hant.
»	32	»	5	von oben l. Subſtanzen ſt. Pflanzen.
»	65	»	3	v. u. l. Zellen ſt. Zelle.
»	91	»	11	v. o. l. vorliegen ſt. vorligen.
»	137	»	6	v. u. l. reifen ſt. reichen.
»	139	»	14	v. o. l. Quellſatzſäure ſt. Quellſalzſäure.
»	174	»	16	v. u. iſt hinzuzufügen: »In einem botaniſchen Buche für Landwirthe wird von der Lohe beim Anis geſagt: »daß nach rauhen Morgen mit kalten Nebeln das innere Zellgewebe der Pflanze entzwei ſpringt, ihr Saft aus den Spaltöffnungen heraustritt, in Gährung kommt, und daß ſich nach 3 bis 4 Tagen in dem faulenden halbtrocknen Safte ein Pilz erzeugt.« An dieſer ganzen Geſchichte iſt von Anfang bis zu Ende kein Wort wahr. Das Ganze iſt rein aus der Luft gegriffen und die Beobachtung zeigt von allem gerade das Gegentheil. — Es iſt dies eins von den vielen Beiſpielen dafür, daß ſich die armen Landwirthe gar vielen Unſinn von ihren ſogenannten Lehrern aufbinden laſſen müſſen, ſelbſt in Dingen, wo die aller mäßigſte Kenntniß der Literatur hinreicht, ſich beſſere Anſichten zu verſchaffen. Vor 50 Jahren hätte man dergleichen noch allenfalls entſchuldigen können, jetzt nach den Werken von Meyen, Unger und anderen ſind ſolche Reden rohe unentſchuldbare Unwiſſenheit.«
Seite	205	Zeile	6	v. o. l. platten ſt. glatten.
»	—	»	13	v. u. iſt der Satz: »Auf der andern — Druck u. ſ. w.« zu ſtreichen.
»	206	»	6	v. o. ſind die Worte: »die allgemeine Phyſik des Thierkörpers und endlich« zu ſtreichen.
»	209	»	5	v. u. l. lufttrocken ſt. luftleer.
»	238	»	10	v. u. l. feineren ſt. freien.
»	259	»	11	v. u. l. noch ſt. nach.
»	261	»	4	v. u. ſetze nach dem Worte »Muskelfaſern« ausüben.
»	292	»	3	vor »Wenn« ſetze 2).

Digitized by Google

Seite 300 Zeile — in der zweiten Zahl der zweiten Columne l. 3,10 ſt. 6,10.
» 301 » 20 v. u. l. einen ſt. einem.
» 315 » 4 v. o. l. 3,78 ſt. 13,78.
» 330 » 13 v. o. ſetze nach »einem« die Worte: »durch die unorganiſchen Beſtandtheile des Bodens«.
» 338 » 19 v. u. l. 25 ſt. 33.
» 343 » 5 v. o. l. gewonnenen ſt. geronnenen.
» 344 » 2 v. u. l. Auswurfs- ſt. Auswuchs-.
» 348 in der Zeile (A) l. 12—14 ſt. 11—14 und am Ende 1 : 6,6 ſt. 1 : 4,6.
» — in der Zeile (D) l. 1 : 0,5 ſt. 1 : 2,2.
» — Zeile 2 v. u. l. 1 : 6,6 ſt. 1 : 4,6.
» 388 » 17 v. o. l. reichen ſt. weichen.
» 435 » 20 v. u. l. wie ſt. wo.
» 450 » 10 v. u. l. unorganiſchen ſt. organiſchen.
» 455 » 6 v. u. l. vorhandenen ſt. vorhanden.
» 460 » 16 v. u. l. in den ſt. in.
» 465 » 1 v. u. l. begangenen ſt. begonnenen.
» 470 » 23 v. u. l. miß ſt. miſt.

Ich bitte vorſtehende Druckfehler mit meiner Entfernung vom Druckorte zu entſchuldigen und vor dem Leſen zu verbeſſern.

Dr. M. J. Schleiden.

Digitized by Google

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Kartoffel-Noth

(nicht Kartoffel-Krankheit)

und

Nachweisung ihr abzuhelfen.

Mit besonderer Rücksicht auf kleinere Wirthschaften und Landschulen in einigen Gegenden Deutschlands. Nebst einer Zugabe vermischten Inhalts von Traugott Ehlert Arrmonth.

8. geh. Fein Velinpap. Preis: ⅓ Thlr.

Parthiepreis bei 100 Exemplaren für landwirthschaftliche Vereine 20 Thlr.

Langjährige Beobachtungen, praktische Erfahrung und wahrhafte Theilnahme an dem Wohl und Wehe der arbeitenden Classe und der kleinern Besitzer auf dem Lande, dictirten dem Verfasser den Inhalt des hier angezeigten kleinen Buches. Die gegenwärtige Zeit, welche bereits viele ungewöhnliche Lasten aufbürdete, mehrere noch herbeiführen wird, und mit ihren Forderungen bis in die Hütten dringt, schien am geeignetsten, ein ernstes Wort über einen so wichtigen Gegenstand laut auszusprechen. Möge dieses Wort Denen, für die es gesprochen, so zu Herzen gehn, wie es vom Herzen gekommen.

Die landwirthschaftlichen

Geräthe und Maschinen Englands.

Mit besonderer Berücksichtigung der landwirthschaftlichen Mechanik und einer Uebersicht der Verhältnisse der englischen Agricultur. Von Dr. Wilhelm Hamm, Vorsteher der Ackerbauschule zu Rütti, Lehrer der Landwirthschaft und Chemie zu Hofwyl. Mit 604 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

In einem Bande von 52 Bogen. Preis 4 Thlr. 8 Ggr.

»Zeige mir Deinen Pflug, und ich will Dir sagen, welch ein Landwirth Du bist« mag als Motto dieser Schrift gelten. Nur mit Hülfe guter Instrumente vermag der Boden chemisch und mechanisch so bearbeitet zu werden, wie es die Praxis und Wissenschaft verlangt. Deutschland ist in dieser Hinsicht zurück, England voraus. Das Buch bietet dem Landmann alle Mittel, in dieser Beziehung nachzukommen. Die Abbildungen und die Beschreibungen sind so genau, daß nach denselben von Stellmachern, Tischlern und Schmieden die für deutsche Verhältnisse wichtigsten landwirthschaftlichen Geräthe gefertigt werden können, ohne Vermittelung theurer Maschinenfabriken. Der Verfasser wanderte in England von Farm zu Farm, um die Geräthe in ihrer Anwendung zu prüfen und an Ort und Stelle zu zeichnen.

Der Mist,

seine chemische Zusammensetzung, seine Wirkung als Düngmittel und seine Zubereitungsweise. Für deutsche Landwirthe bearbeitet von Dr. P. A. Bolley, Professor der Chemie zu Aarau. Nach dem Plane von J. Girardin's Vorlesungen über diesen Gegenstand, gehalten an der Landwirthschaftsschule zu Rouen. 8. Velinp. geh. 12 Ggr.

Dieses kleine wichtige Buch wird der Aufmerksamkeit des landwirthschaftlichen Publikums angelegentlich empfohlen. Es behandelt den eigentlichen Brennpunkt des landwirthschaftlichen Strebens, den Dünger. Es giebt alles Neue, was die Wissenschaft auf diesem Felde gebracht hat, die Resultate der Untersuchungen von Liebig, Payen und Bousſingault ꝛc., die Werthe der verschiedenen Mistarten, ihre rationelle Behandlung ꝛc.; sie vermittelt den Standpunkt der Chemie mit der oft nachhinkenden Praxis. Die französische Regierung ließ von der, diesem Büchlein zum Grunde liegenden Schrift von Girardin, 20,000 Exempl. unter die besseren Landwirthe vertheilen! Wir werden den landwirthschaftlichen Vereinen, die größere Parthien von Exemplaren für ihre Mitglieder ankaufen mögten, die billigsten Bedingungen stellen.

Digitized by Google

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Das Buch der Natur,

die Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Physiologie, Botanik und Zoologie umfassend. Allen Freunden der Naturwissenschaft, insbesondere den Gymnasien, Real- und höheren Bürgerschulen gewidmet von Dr. Friedrich Schödler, Lehrer der Naturwissenschaften am Gymnasium zu Worms, früher Assistenten am chemischen Laboratorium zu Gießen. Mit 350 in den Text eingedruckten Holzstichen, Sternkarten und einer illuminirten geognostischen Tafel. Ein starker Band in groß Median, auf feinem satinirten Velinpapier, geh. Preis 1 Thlr. 12 Ggr.

Fünfte Auflage.

Die Naturwissenschaften sind in unserer Zeit ein wesentliches, ein unentbehrliches Element der Bildung geworden. Deswegen darf der naturwissenschaftliche Unterricht in keiner unserer Lehranstalten fehlen, gleichgültig, welchen Namen sie tragen.

Eben so wird jeder Gebildete das entschiedene Bedürfniß fühlen, durch Selbstbelehrung eine Uebersicht auf dem Gebiete der Naturwissenschaften zu gewinnen, die früher zu erwerben ihm vielleicht nicht vergönnt war.

Als wesentliches Hülfsmittel hierfür ist ein Lehrbuch anzusehen, wie es nach dem Bestreben des Verfassers das Buch der Natur sein soll. Dieses giebt eine Gesammtdarstellung aller Zweige der Naturwissenschaft, von streng wissenschaftlicher Grundlage ausgehend, jedoch möglichste Einfachheit und Klarheit im Vortrage erstrebend, und für den Zweck zu weit gehende Einzelheiten vermeidend. Die Bearbeitung durch einen Verfasser erlaubt eine gegenseitige Ergänzung und Erläuterung der einzelnen Zweige und bietet dadurch den Vortheil zweckmäßiger Concentration und eines sehr billigen Preises ($1\frac{1}{2}$ Thlr.). Eine große Anzahl schöner Abbildungen wird das Verständniß ungemein erleichtern.

Die jetzt erschienene fünfte Auflage dieses Werkes — die erste erschien im Mai 1846 — mag die rasche Verbreitung desselben bezeugen. Es ist in der That ein Buch für Jedermann, der gebildet genug ist, um das Bedürfniß zu fühlen, eine Einsicht in das hehre Gebiet der Naturwissenschaften zu erlangen, abgesehen davon, daß es ein Schulbuch bester Art ist.

Lehrbuch des Wiesenbaues.

Für Landwirthe, Forstmänner, Cameralisten und Techniker. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbstunterrichte.

Von Dr. Carl Friedrich Emil Fries,

ordentlichem Lehrer der Landwirthschaft an der höheren Gewerbschule zu Darmstadt, Inhaber der großen Medaille für Verdienst um die vaterländische Landwirthschaft und Mitglied mehrerer Vereine für Landwirthschaft, Gewerbe, Natur- und Heilkunde u. s. w.

Mit 212 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr.

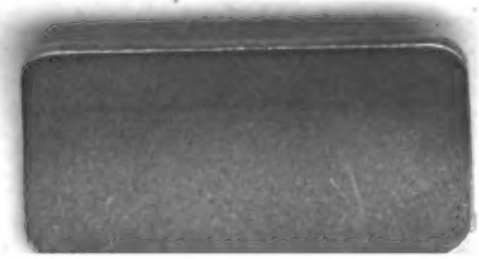
Dieses Werk gehört seiner ganzen Auffassung nach in eine Reihe von Lehrbüchern über Landwirthschaft und Technik, welche, in unserm Verlage erschienen, es sich zur Aufgabe machen, die Wissenschaft mit der Praxis zu verbinden, die letztere aus den handwerksmäßigen Fesseln dürrer Beschreibung von Handgriffen, Vorschriften und Receptkrämerei, deren blinde Befolgung Ursache so mancher mißlungener Anlage ist, zu erlösen, und eine wahrhaft rationelle Praxis, d. h. eine auf die Wissenschaft gestützte, zu begründen. Der Verfasser hat während mehrer Jahre als Techniker große Wiesenculturen geleitet und glänzende Resultate erzielt; er führt dem Leser das gesammte Gebiet der Wiesencultur in einer Weise vor, wie sie bis jetzt weder die deutsche noch eine fremde Literatur aufzuweisen hatte.

Bei der großen Aufmerksamkeit, welche neuerdings der Ent- und Bewässerung der Ländereien zugewendet wird, wodurch nicht allein Tausenden von Händen den größten Theil des Jahres hindurch lohnende Arbeit geboten, sondern wodurch namentlich es möglich wird, jeder Wirthschaft eine sichere, feste Grundlage zu geben, ihren Reinertrag nachhaltig zu steigern, und im Allgemeinen den Nationalwohlstand in's Unglaubliche zu vermehren, wird dieses Werk alle Staats- wie Landwirthe lebhaft interessiren.

Digitized by Goog

Digitized by Google

Digitized by Google


itized by Google

Digitized by Google